James B. Conant

La ciencia moderna y el hombre actual

compendios NOVA

de iniciación cultural

JAMES B. CONANT

LA CIENCIA MODERNA Y EL HOMBRE ACTUAL



EDITORIAL NOVA
BUENOS AIRES

Traducción de
JOSÉ ZADUNAISKY

Queda hecho el depósito
que marca la ley 11.723

Copyright by EDITORIAL NOVA

IMPRESO EN ARGENTINA
PRINTED IN ARGENTINA

LA CIENCIA Y LA TÉCNICA EN LA ÚLTIMA DÉCADA

Pocas palabras bastarán para explicar por qué elegí el título para esta serie de cuatro conferencias. Cuando se me honró con la invitación para ser el conferencista de Bampton para 1952, el presidente Eisenhower dijo, en nombre del comité, que esperaba que yo me comprometiera a brindar "un poco de comprensión sobre el significado de los recientes adelantos de las ciencias físicas". Al inquirir sobre la idiosincrasia del auditorio, se me aseguró que filósofos y científicos profesionales brillarían por su ausencia. Mi exposición, si bien no tendría como objetivo al proverbial hombre de la calle, estaría dirigida al igualmente proverbial egresado universitario, hipotético individuo a quien los directores de colegio acogen en la cofradía de hombres instruídos. Habiéndoseme asegurado, pues, que no se esperaba de mí una apreciación sobre el impacto de la física en la metafísica o un informe técnico sobre los mecanismos íntimos del átomo, acepté agradecido el privilegio de ser huésped conferencista en la Universidad de Columbia.

Con los términos de referencias, tan graciosamente establecidos, me quedaba aún gran *latitud* en cuanto

no reaparecerá automáticamente. Permítaseme decirlo claramente: ojalá fuera así; no me gusta la era atómica ni ninguna de sus consecuencias. Aprender a ajustarse a esas consecuencias con caridad y cordura es el principal problema espiritual de nuestro tiempo. Por lo tanto, al considerar lo que tengo que decirles borren por favor de sus mentes la idea de que estamos reunidos en un blanco estratégico y que un enemigo potencial aumenta cada año sus reservas de bombas atómicas y puede también estar perfeccionando sus métodos para arrojarlas.

Cuando hayan desechado todo pensamiento de guerra y destrucción permítaseme que haga el contraste entre la reacción popular ante el descubrimiento de la bomba atómica y ante la aparición de la luz eléctrica, el motor eléctrico, el teléfono, el automóvil y el aeroplano, o en nuestra época, la radio y la televisión. Según mis lecturas históricas la ciencia moderna comenzó a hablar y a caminar en los albores de 1700, y recién alrededor de 1780 entró en la adultez. Por lo tanto cualquier opinión sobre las modificaciones introducidas por la ciencia y la invención, difícilmente puede datar de épocas anteriores a la de la revolución industrial del siglo dieciocho. Sin embargo su antigüedad puede comprobarse por una declaración de Thomas Jefferson, formulada en 1818 como presidente de los Comisionados para la Universidad de Virginia: "No puede ser sino que cada generación futura sume a la sabiduría adquirida por todos los que la precedieron, sus propias adquisiciones y descubrimientos, y entregue como herencia esa masa de conocimientos, para que se haga una acumulación constante y se perfeccione la sabiduría y el bienestar de la humanidad, no *infinitamente* como alguno ha dicho sino *indefinidamente* por tiempo que nadie puede fijar ni pre-

ver. (Aquí sigue la declaración fundamental.) "Efectivamente, debemos mirar medio siglo atrás, hacia épocas que recuerdan bien algunos que aún hoy viven, y ver los maravillosos adelantos de las ciencias y de las artes que se efectuaron en este período. Algunos de esos adelantos han rendido a los mismos elementos, poniéndolos al servicio de los fines del hombre; los han ceñido al yugo de sus labores, y efectuado la gran bendición de moderarlos, de llevar a cabo lo que estaba más allá de sus débiles fuerzas y de extender el bienestar de la vida a un círculo más amplio, alcanzando así a aquellos que sólo habían conocido su necesidad. Que no son estos vanos sueños de inocentes esperanzas lo demuestran los reales y vívidos ejemplos que tenemos ante nuestros ojos" [1].

Tales alabanzas y tales esperanzas se han repetido en cada generación en el mundo occidental desde la época de Jefferson. Pero el crédito popular, durante el siglo diecinueve fué dispensado ampliamente al inventor y no al científico. Esto era así particularmente en los Estados Unidos, pero no era muy distinta la situación en Gran Bretaña. La Alemania Imperial era la única nación en la que los científicos dedicados a la física recibían algo de lo que merecían. El hecho de que desde 1800 hasta el presente varios escritores hayan tratado continuamente de hallar un equilibrio, señalando el significado de la ciencia en comparación con la invención, evidencia la exactitud de mi generalización. Además y especialmente en el siglo diecinueve se consideraba que al hombre de ciencia concernía únicamente el descubrimiento de las leyes naturales; el inventor sacaba ventaja de estos descubrimientos con fines prácticos. La actitud de James Clerk-

1 Informe de los Rockfish Gap Commissioners.

Maxwell, el fundador de la teoría electromagnética de la luz, hacia el inventor Alexander Graham Bell era de protectora condescendencia (Clerk-Maxwell se refería a Bell como "un charlatán, que para lograr sus fines personales se convirtió en electricista"). El profesor Rowland de la Universidad John Hopkins dirigiéndose a sus colegas físicos, en 1879, dijo: "Aquel que hace crecer dos briznas de pasto donde antes crecía una, es un benefactor de la humanidad; pero aquel que trabaja en la sombra para encontrar las leyes que rigen tal crecimiento es el intelecto superior, así como el mayor benefactor de los dos". El científico miraba desde arriba al inventor y el inventor a su vez era un poco desdeñoso del científico, al igual que algunos hombres de negocios que embarcaron a los inventores en exitosas empresas.

Durante la Primera Guerra Mundial, el presidente Wilson reunió un consejo consultivo para que colaborara con la Marina. Thomas Edison era el jefe; su designación fué ampliamente aclamada por la prensa —los mejores cerebros colaborarían en la aplicación de la ciencia a los problemas navales. El único físico del consejo debió su designación al hecho de que Edison, al elegir a sus compañeros de tareas le dijo al Presidente: "Deberíamos buscar un matemático, por si tenemos que hacer algunos cálculos".

Otra anécdota ilustrativa de la actitud popular hacia la ciencia y la invención en 1916 se refiere a los químicos, no a matemáticos o físicos. En la época de nuestra entrada en la Primera Guerra Mundial un representante de la American Chemical Society visitó al Ministro de Guerra, Newton Baker, y le ofreció los servicios de los químicos en el conflicto. Se le agradeció el ofrecimiento y se le indicó que volviera al día siguiente. Habiéndolo hecho, el ministro de

Guerra le dijo que apreciaba el ofrecimiento de los químicos, pero que lo encontraba innecesario, ya que se había ocupado del asunto y había encontrado que el Departamento de Guerra ya tenía *un* químico.

Ya en 1940 la escena había cambiado completamente: la ciencia había penetrado en la industria y con atraso, aún en los Estados Unidos la industria había penetrado en la ciencia. Puede decirse que las industrias eléctricas, químicas y farmacéuticas marcaron el rumbo. Los grandes laboratorios de investigación de la General Electric Company, el Bell Telephone Laboratory y la Dupont Company pueden mencionarse como ejemplos. En consecuencia cuando en la Segunda Guerra Mundial debieron movilizarse los técnicos para colaborar con las fuerzas armadas, no hubo ninguna duda en que los científicos, como científicos serían llamados por el gobierno.

He simplificado al máximo la historia de los últimos cuarenta años; el National Research Council se creó durante la Primera Guerra Mundial y con él se estableció el fundamento de una mayor relación entre la ciencia y el gobierno nacional. Efectivamente, la National Academy of Science había sido fundada por el Congreso durante la Guerra entre los Estados. La ciencia no estaba huérfana en este país pero aún en época tan cercana como 1917, era principalmente el inventor y no el científico quien se granjeaba la admiración del público en general como promotor de la técnica. Era el hombre que había cambiado nuestros hábitos y hecho realidad nuestras comodidades, en otras palabras, el inventor había conquistado la naturaleza poniéndola al servicio del hombre.

Desde el fin de la Primera Guerra Mundial hasta el comienzo de la Segunda, la relación entre la ciencia y la industria cambió con gran rapidez en los Estados

Unidos. La creación de la bomba atómica sólo demostró al público lo que ya sabían muchos industriales, es decir que los científicos se habían convertido en inventores. El hecho de que muchos *científicos*, y recalco la palabra, hayan tenido relación con este descubrimiento que trajo a la vez una nueva y extraordinaria arma bélica y encendió las esperanzas de una futura revolución industrial, impresionó al pueblo de los Estados Unidos y no sólo a éste sino al de todo el mundo. La transición fué completa; no se pensó más en el científico como en el hombre encerrado en su torre de marfil, desmadejando gradualmente los secretos de la naturaleza para su propia satisfacción espiritual, sino en un hacedor de milagros que, como lo hicieran Watt o Edison antes, puede introducir transformaciones tremendas en las relaciones del hombre con su ámbito material.

El cambio en la situación del científico es a mi parecer uno de los adelantos de mayor significación de la última década. Otro adelanto es el cambio ocurrido en las relaciones de muchos científicos con la organización de la sociedad, es decir con el gobierno. El desarrollo de la primera bomba atómica introdujo un nuevo y altamente significativo elemento en las complejas relaciones entre la ciencia y la sociedad. Esto se debió seguramente en parte a la revolucionaria potencia militar del arma; pero la esencia de la novedad, a mi ver, es sólo un resultado secundario de las consecuencias físicas de la famosa Ecuación de Einstein E m.c. El hecho de principal importancia es este: en el período 1940-1945 todo un ejército de especialistas estaba abocado en modo espectacular a la solución de problemas de ciencia avanzada y al mismo tiempo estaba elaborando una nueva arma de gran poder militar. Esta combinación de activi-

dades era un fenómeno social nuevo; aún nos estamos debatiendo en medio de sus consecuencias.

Para ilustrar lo que digo, permítaseme que haga el contraste entre dos empresas de las cuales puedo hablar por experiencia personal: la manufactura de un nuevo "gas" venenoso, efectuada durante la Primera Guerra Mundial y la producción de la primera bomba atómica. En el primer ejemplo, aunque el "gas" hubiera resultado un arma tan efectiva como creímos entonces los que tuvimos relación con su fabricación el impacto de este producto de guerra del año 1917-1918 sobre la ciencia química de entonces no hubiera tenido ninguna importancia. ¿Por qué? Porque como en todos los demás casos de aplicación de la ciencia a la guerra hasta 1945, el aspecto técnico del nuevo descubrimiento era pequeño y fácilmente circunscripto. En realidad, se demostró luego en experiencias realizadas con animales que el "gas" era de dudoso valor. Pero, aunque hubiera tenido todas las terribles características que soñamos entonces —alto poder mortífero, capacidad de penetrar todas las máscaras, ser inodoro, de completa estabilidad— aún entonces, este descubrimiento se hubiera ajustado fácilmente al armazón de la pacífica ciencia internacional del siglo diecinueve. Únicamente si en el proceso de descubrimiento del gas los químicos hubieran abierto un arca llena de nuevos y excitantes fenómenos químicos, esta aplicación bélica de la ciencia habría causado una apreciable reorientación de los puntos de vista de la ciencia o producido un cambio en la actitud de la sociedad hacia la ciencia.

Los productos químicos de guerra, el radar, las espoletas de proximidad, las armas submarinas, los aviones a chorro, las nuevas minas y proyectiles, son todos adelantos que dependen de la aplicación especial

de los fenómenos y principios de la física y de la química vulgarmente conocidos. Lo que se ganó como conocimiento científico con estos inventos bélicos no tuvo consecuencias revolucionarias sobre la futura marcha de la ciencia. ¡Qué distinto fué por lo contrario en la manufactura de la bomba atómica! Nadie podía estar seguro de que el fenómeno conocido como "la masa crítica" fuera una realidad experimental hasta que se puso en marcha una operación efectuada en gran escala. En 1940 los físicos poseían los resultados de ciertos experimentos realizados con microscópicas cantidades de elementos; de todas maneras ellos manejaban ya poderosos conceptos teóricos del nuevo campo de la física y de la química nuclear. Por medio de una enorme extrapolación predijeron el funcionamiento de pilas atómicas y la explosión de la bomba atómica. La mayoría de estas predicciones, sin embargo, no podía probarse por ninguna clase de experimento de laboratorio en gran escala ni tampoco por la erección de plantas piloto en pequeña escala. El florecimiento de este nuevo campo de la ciencia dependió del gasto de enormes sumas de dinero provenientes de los impuestos. Este gasto sólo podía justificarse en 1940 en los términos del poder destructivo de un arma, requerida por una desesperada conflagración mundial. De esta manera una vasta actividad científica nació como necesidad de guerra. Y fué marcada desde su nacimiento con una palabra hasta ahora el anatema de los hombres de ciencia: el secreto.

Después de terminada la guerra, todo lo que fué imposible mantener secreto se publicó en el informe Smyth; sobre todo el resto se proscribió completa censura. No es necesario relatar aquí las dificultades de tal situación ni tampoco los conflictos creados para

decidir qué era vital y qué no, ni aún el inevitable desacuerdo entre las proposiciones de los científicos y las de los representantes oficiales. ¿Quién puede juzgar la capacidad o la falta de visión de aquellos que tomaban decisiones sobre los medios de mantener la seguridad en los días que siguieron a la rendición del Japón? Pocos pudieron prever entonces la tensión de este mundo dividido en que ahora debemos vivir de la mejor manera posible. Todo un campo de la ciencia era fundamentalmente distinto del resto; la física y la química nuclear aplicadas están dirigidas por el gobierno de las naciones industrializadas. Por lo menos aquí la ciencia, la técnica y la política se unían, aunque a veces la confluencia fuera un turbulento y a menudo fangoso riacho.

Si alguno de los científicos del siglo diecinueve pudiera volver a la vida, estaría realmente confundido ante lo que ha ocurrido actualmente. Michael Faraday debía pasar un momento de cinismo, raro en él, cuando al oír la escéptica opinión de Gladstone sobre su rudimentario motor eléctrico —el pequeño alambre que gira alrededor del magneto— le contestó: "Algún día usted podrá poner un impuesto sobre él". Pero, nunca hubiera podido imaginar una época en la que los gobiernos de naciones libres ejercieran un monopolio completo sobre similares embriones de obras científicas, o prohibieran la publicación de nuevos descubrimientos científicos —en pocas palabras, una época en la que el gobierno tomara todo un problema científico como secreto nacional. Si Faraday hubiera previsto tal fenómeno social, también hubiera previsto sus consecuencias, es decir la completa imposibilidad de comunicación entre los hombres de ciencia conectados con el secreto y el público en general, la imposibilidad de los científicos y técnicos para discutir

nuevas opiniones y la imposibilidad de apreciar en forma adecuada el significado de lo avanzado en cada año de trabajo.

El futuro de la energía atómica para usos militares e industriales se ha convertido no sólo en motivo de orgullo nacional sino también en motivo de orgullo para los políticos. Moscú anuncia que la Unión Soviética utiliza bombas atómicas para mover montañas; pocas de las personas informadas creen estos cuentos; dentro de Rusia, naturalmente nadie puede ni siquiera discutir esta afirmación. Leemos en la prensa que se realizan las primeras demostraciones de la aplicación de la energía atómica con fines industriales, o se habla de la futura aplicación de la energía atómica a aparatos militares aéreos o unidades navales; se nos dice que tal o cual adelanto ya está a punto de aparecer. La voz oficial de un país proclama los usos futuros del poder atómico en la industria; la de otra nación habla de bombas de hidrógeno. El hecho significativo, nuevo, alarmante es el siguiente: frente a todas estas afirmaciones aquellos capacitados para discutir tales asuntos no pueden hacerlo por motivos de seguridad interna. Aquellos que tienen capacidad científica y acceso a los fundamentos técnicos deben guardar silencio. En consecuencia el público se ve ampliamente informado pero sólo a través de las opiniones de políticos quienes tienen sólo parcial conciencia de la propia deformación de los hechos y evidentemente son por completo inconcientes del grado de seguridad de sus propias predicciones. A veces en las columnas de los periódicos "se infiltran" informes que contienen mitad de la verdad y son necesariamente ambiguos; éste es uno de los métodos por los que el público se entera de los verdaderos progresos de la física nuclear aplicada. Puedo subrayar lo que vengo

diciendo por medio de una atrevida declaración, basada en doce años de experiencia detrás del velo del secreto: es imposible actualmente o en un futuro cercano discutir, franca, racional y científicamente las posibilidades industriales de la energía atómica. El público en general puede dejar de leer tranquilamente lo que dicen los diarios sobre la energía atómica o sobre las bombas atómicas. Dada la naturaleza del caso es casi seguro que todo será confuso [2].

No tiene objeto el tirarse de los cabellos ante la situación. No tiene objeto tratar de encontrar un culpable de lo que ha sucedido o denunciar la existencia

[2] Para ilustrar lo que digo, supongamos que en los próximos días algunos de los cuatro países que actualmente estudian la energía atómica anunciara la construcción de una planta para la producción de energía atómica con fines pacíficos. Tal anuncio estaría en la primera página de los diarios, con titulares como éste: "Se crea la Primer Planta de Energía Atómica Pacífica. El Gobierno de... gana la carrera". Este titular sería confusionista. En cualquier momento durante los últimos siete años, la Comisión de la Energía Atómica de los Estados Unidos hubiera podido producir energía eléctrica acoplando una pila atómica a una planta fluvial, operando con corriente de baja temperatura y acoplando a su vez ésta a una turbina y un generador. Tal proyecto hubiera producido corriente eléctrica a partir de energía atómica, pero a un costo fantástico. Sólo es posible determinar si una planta de energía atómica produce energía a un precio que pueda competir con las de carbón o petróleo por medio de análisis realizados por ingenieros y ecónomos; estos análisis están siempre sujetos a objeciones y, para que sean dignos de crédito deben darse a publicidad. Esto requeriría la publicación de informaciones secretas tales como el costo del combustible nuclear, el costo de la planta, y los detalles de la operación, incluyendo el destino de los productos radioactivos de desecho. Es muy difícil que algún país pueda dar esos informes en un futuro previsible. Sin tales informaciones cualquier afirmación sobre la Energía Atómica de Paz, será insignificante sino embaucadora. (Para la discusión de los factores que afectan el desarrollo de la energía atómica aplicada a fines industriales, véase: Comisión de la Energía Atómica de los Estados Unidos, *Informe* Julio, 1948, pp. 43-46.)

de todos los secretos de seguridad interna. Siendo el mundo tal cual es hoy y posiblemente siga siendo por mucho tiempo, el secreto y la física nuclear aplicada deben ir siempre unidos. Pero es importante que el público entienda las consecuencias de esta unión. Además es importante que la indispensable cortina que oculta el secreto no se extienda más allá de lo necesario. Por sobre todo que no se extienda a ramas de la ciencia muy distantes de la física nuclear. El adelanto de la ciencia se hace difícil ante el monopolio de un secreto nacional puesto que necesariamente las investigaciones son salvaguardadas por casi todas las distintas ramas del gobierno. El secreto y la ciencia son dos proposiciones antitéticas.

Permítaseme contrastar ahora lo que he venido explicando y otros dos grandes descubrimientos de la aplicación de la ciencia ocurridos en los diez últimos años. Consideremos la revolución que se está produciendo en el campo textil y el uso de las llamadas "drogas milagrosas" en la cirugía y la medicina. En ambos casos los hechos son tan conocidos que sólo tengo que recordarlos. A partir de un descubrimiento más o menos accidental realizado por un hombre notable, Wallace Carruthers, durante sus investigaciones sobre la estructura de las sustancias de alto peso molecular, la compañía Dupont produjo el nylon. Durante la experimentación el asunto se mantuvo secreto, pero en cuanto la tela estuvo en el mercado todos los detalles científicos básicos se divulgaron y protegieron por medio de patentes; no dudo de que también se hizo público gran parte del denominado "cómo hacerlo".

El trabajo de Carruthers abrió una nueva ruta y bien pronto salieron a la venta otras telas y ya estaban en el negocio otras compañías competidoras. Efec-

tivamente, el avance en la fabricación de plásticos sintéticos y telas sintéticas realizado en los últimos veinte o treinta años constituye una historia fascinadora.

Si se quiere, no es nada más que la aplicación más amplia del procedimiento utilizado por los químicos alemanes de hace alrededor de un siglo para la manufactura de los primeros colorantes sintéticos, y posteriormente de las drogas sintéticas.

¿Qué diferencia existe entre esto y lo que ha sucedido con la energía atómica?, preguntarán ustedes. Primero, todo el descubrimiento que acabo de describir estuvo en manos privadas; segundo, el trabajo no se mantuvo en secreto (por su naturaleza no podía serlo); y tercero, varias compañías, estableciendo competencia, aplicaron las mismas ideas. En efecto, me aventuro a opinar que si hubiera habido el intento por parte del gobierno de monopolizar y mantener secretos los descubrimientos, algunas de las nuevas telas que existen actualmente en el mercado se hubieran producido mucho más tarde, en caso de producirse.

Permítaseme referir sucintamente la historia de la producción de la primera de las llamadas drogas "milagrosas", la penicilina. Nuevamente en este caso sólo hubo secreto por poco tiempo. Durante la guerra, toda la investigación referente a la penicilina fué calificada de la misma manera que el proceso de fabricación de la bomba atómica. Pero hay que notar que la tradición de la ciencia médica y el sentimiento de todo el mundo hizo esencialmente imposible para cualquier nación guardar este secreto. Por lo tanto, casi tan pronto como terminó la guerra, gente de todas partes del mundo comenzó a trabajar en este problema en muy distintas direcciones. Como consecuencia se descubrieron una serie de nuevos antibióticos y se

hizo un enorme progreso en cuanto a su aplicación. Es éste un ejemplo de libertad científica internacional. El proceso impresionó al público, pero es de notar que raramente la gente habla de esto refiriéndolo a la ciencia en general. ¿Por qué? Porque no hay esencialmente ninguna novedad en este proceso. Durante el transcurso de varias generaciones el público ha aprendido a esperar que los científicos de la medicina produzcan mejores drogas y mejores métodos quirúrgicos. La salud pública y el adelanto de la medicina se toman casi como cosa corriente. De acuerdo con el sentimiento general de que el científico se ha vuelto ahora inventor —un inventor de extrañas armas— aparece el pensamiento confirmador de que el científico ha continuado en su ayuda al médico, para el perfeccionamiento del arte de curar. Sobre la importancia de subrayar este aspecto del trabajo científico, tendré algo más que decir en mi conferencia final.

Ahora quisiera examinar un poco más de cerca el procedimiento empleado actualmente por los hombres de ciencia en la física, la química, la biología y en la aplicación de la ciencia con fines prácticos en todo el campo de las ciencias naturales. Haciéndolo, se dirá que estoy subrayando lo que es obvio; espero se me dispense; si bien la discusión del llamado método científico es casi un tópico de rutina en una universidad, lo que yo tengo que decir está tan en oposición con la mayor parte de las doctrinas corrientes, que por ello me aventuro a exponer el tema con cierto detalle.

Mi tesis es que aquellos historiadores de la ciencia y podría agregar también a los filósofos, que insisten en la no existencia de una cosa tal como "el" método científico, están haciendo un servicio público. A mi parecer parte del ultrasimplificado relato de la ciencia y sus hechos que puede encontrarse en un texto

elemental de la enseñanza superior, por ejemplo, está basada en una equivocada lectura de la historia de la física, la química y la biología. No trataré de investigar las fuentes de lo que a algunos de nosotros nos parece un conjunto de conclusiones erróneas. Permítaseme presentarles en vez mi propio análisis de la naturaleza de la ciencia.

Con el objeto de hacer un hombre de paja que pueda derribar, citaré una definición del método científico escrita hace algunos años, en un texto elemental de química del cual soy co-autor: "El pensamiento científico requiere la adquisición del hábito de enfrentar la realidad desprejuiciado de toda concepción previa. La observación más atenta y la dependencia de la experimentación son los principios guías. El axioma no es "lo que el libro dice sobre esto" sino "averigüémoslo por nosotros mismos". Luego sigue una descripción de los pasos que implica el proceso del descubrir. Tal descripción, incluso aquella que colaboré a redactar, es más o menos así en muchos textos: "Los hombres de ciencia recogen los hechos por la observación cuidadosa de los acontecimientos que se van sucediendo. Luego los agrupan y tratan de interpretarlos a la luz de otros hechos ya conocidos. Entonces un científico sugiere una teoría que explica los hechos recientemente descubiertos, y, finalmente, pone a prueba su teoría obteniendo más datos de las mismas características y los compara con los obtenidos durante los primeros experimentos. Cuando su teoría no concilia con los hechos debe modificarla y al mismo tiempo verificar nuevamente los hechos obteniendo más datos".

Otra descripción, más sofisticada, perteneciente a un biólogo se titula: "Etapas del método científico". Nótese el uso del singular en vez del plural "Métodos

científicos". Aquí están puestos en lista los distintos pasos: "Reconocer que existe una situación indeterminada. Es ésta una situación oscura que exige su investigación. Dos, proponer el problema en términos específicos. Tres, formular una hipótesis de trabajo. Cuatro, proyectar un método controlado de investigación por la observación... o por experimentación o por ambos. Cinco, reunir y registrar los testimonios o "datos previos". Seis, transformar estos datos previos en una expresión significativa y valedera. Siete, arribar a una aserción aparentemente corroborada. Si la aserción es correcta, puede predecirse un fenómeno a partir de ella. Ocho, si la aserción corroborada es un conocimiento nuevo en la ciencia deberá conciliar con el conjunto de verdades científicas ya establecidas".

Estoy convencido de que la simple descripción de mi libro de texto y la versión más sofisticada del biólogo sólo sirven para confundir al profano. El error básico consiste en no distinguir entre dos actividades muy relacionadas entre sí y que juntas han hecho posible la historia de la ciencia. Leyendo la historia de los adelantos realizados en las ciencias naturales desde los tiempos de Galileo, se ve que lo sucedido es esencialmente lo siguiente. El antiguo proceso de investigación por el cual los artesanos y obreros habilidosos fueron perfeccionando los métodos aplicados al manejo de la materia inanimada, se ligó gradualmente el tipo de razonamiento que hasta entonces era sólo característico de los matemáticos. Otra forma de expresarlo sería decir que confluyeron gradualmente dos fases distintas de la actividad del hombre, que se encontraban separadas hasta el siglo dieciséis. Por un lado estaba el razonamiento abstracto, representado por la geometría euclidiana, y por otro,

la experiencia, representada por la labor de los metalúrgicos, los que, a través de generaciones, perfeccionaron los métodos de la obtención de metales a partir de los minerales.

Estrechamente relacionadas con el pensamiento abstracto estaban las amplias ideas especulativas de los filósofos sobre la naturaleza del universo: de ellas la concepción aristotélica prevalecía en la edad media. Un esquema conceptual opuesto, unido al nombre de Demócrito nunca fué perdido de vista. Aquellos que seguían esta línea en sus pensamientos, imaginaban que el mundo estaba compuesto de corpúsculos o átomos.

Las descripciones usuales del "método científico" son en realidad la descripción del limitado procedimiento por el que una persona puede perfeccionar cualquier habilidad práctica. Efectivamente, si analizamos cualquiera de estas descripciones vemos que podemos aplicarla a casi cualquier problema práctico que haya que resolver en el hogar, en esta época mecanizada. Tomemos los ocho pasos tan cuidadosamente expuestos por el biólogo y apliquémoslos al caso de una lamparita eléctrica que no enciende en nuestra casa de campo. Evidentemente hay una situación indeterminada —algo anda mal. El problema puede expresarse en términos específicos, es decir cuando giro la llave, la luz no enciende. ¿Qué puede modificarse para que al mover la llave se encienda la luz? Como hipótesis de trabajo, la primera será, quizás, que la lamparita esté quemada. El método de investigación es obvio: se reemplaza la lamparita por otra, y el experimento control aquí sería ver si la otra lamparita funciona en un portalámparas apropiado. Así llegaremos a una aserción corroborada, y el nuevo conocimiento fácilmente concordará con los que tenía-

mos previamente. O sino, por experiencia sabemos que los fusibles pueden estar quemados, caso en el que formularemos otra hipótesis de trabajo y haremos la prueba girando otra llave del mismo circuito. En suma, la mayor parte del así llamado método científico consiste en la experimentación racional o en el razonamiento ordenado aplicado a un problema práctico específico.

Más de un maestro ha señalado a su clase que, después de todo, el método científico puede aplicarse a la vida diaria, utilizando ejemplos como el anterior. Pero yo pienso que exponer de esta forma el problema es invertir realmente los términos. El punto fundamental es que lo que hace el científico en su laboratorio es transportar, con otro módulo de referencia, los hábitos que se remontan al hombre de las cavernas. Podemos imaginar por ejemplo que uno de nuestros primitivos antepasados intentó ver el efecto del fuego sobre varias clases de minerales, probablemente a partir de una observación casual, y así gradualmente desarrolló el proceso de la obtención de los metales a partir de los minerales de la naturaleza.

Toda esta clase de información se llama convenientemente "empírica", lo que equivale esencialmente a información de libro de cocina. John Tyndall, decía en una famosa exposición [3] sobre un aspecto popular de la fermentación: "Hasta ahora el arte y la práctica del cervecero se ha parecido a la del médico, pues ambos se han basado en observaciones empíricas" (y hago aquí esta cita para definir el uso de la palabra "empírico"). "Por empírico se entiende la observación

[3] Publicado en "Ensayo sobre los cuerpos que flotan en el aire, en relación con la putrefacción y la infección" (London: Longmans and C°, 1881). Pág. 238.

de los hechos, independientemente de los principios que los explican, y que dan a la mente un inteligente poder sobre ellos. El cervecero aprendió de la larga experiencia las condiciones, pero no las razones del éxito en su empresa. Pero tuvo que luchar, y todavía tiene que luchar contra las preguntas inexplicadas que le asaltan."

Podemos decir que en la época en que Tyndall escribía lo que antecede el arte de la fabricación del vino y la manufactura de la cerveza eran empíricos. El trabajo de Pasteur y luego el de los microbiólogos y químicos posteriores redujo grandemente el margen de empirismo. Así y todo, aun hoy hay muchos procedimientos en esta industria basados simplemente en la experiencia y que no pueden relacionarse con los conceptos teóricos de la química o la biología. Es conveniente caracterizar a un arte práctico dado o a una rama de la ciencia, asignándole cierto grado de empirismo. Si uno desea hallar una actividad en la que el grado de empirismo sea muy bajo le sugiero recurrir al trabajo del astrónomo. Hace mucho tiempo que la ciencia óptica se perfeccionó de manera tal que hoy es posible calcular por medio de fórmulas matemáticas la forma de espejos y lentes y construir la parte óptica de los instrumentos de astronomía. Además la geometría euclidiana ofrece un esqueleto matemático a las observaciones del astrónomo. En consecuencia, podemos decir que el trabajo del astrónomo representa una ciencia aplicada en la cual el grado de empirismo es prácticamente cero. En el extremo opuesto yo ubicaría la labor de un excelente cocinero, puesto que pese a toda nuestra sabiduría de la química de las proteínas, grasas e hidratos de carbono, la receta de una buena salsa o un buen postre es aún completamente empírica.

Usaré repetidamente esta idea del mayor o menor grado de empirismo durante el transcurso de estas conferencias. La he introducido aquí con el objeto de relacionar el trabajo del científico y el inventor. En los días brillantes del inventor, que ubico en el siglo diecinueve, los elementos de la ciencia puestos a su disposición eran relativamente rudimentarios, y así le era imposible, operando con ellos y con la ayuda de muy pocos elementos matemáticos o de teorías ya elaboradas, aplicar los nuevos conocimientos por una serie de procedimientos eminentemente empíricos.

Anteriormente tratamos sobre los aspectos nuevos y revolucionarios de la relación establecida entre la sociedad y la ciencia. He señalado que el hombre de la calle —el público en general— ha descubierto que el científico está ocupando actualmente el lugar del inventor; ha comprobado que los "barbudos" profesores que elaboraban oscuras teorías matemáticas fueron capaces de jugar un rol importante en el extraordinario desarrollo de la bomba atómica. También el público comienza a darse cuenta de que en otros campos la disminución del nivel empírico a que me he referido, o sea la aplicación de la teoría a la práctica, produce jugosos dividendos en términos de un verdadero control de la naturaleza inanimada. Podrían pasarse muchas horas relatando la historia de la química moderna o la de las conquistas en el campo de la electricidad basada en el criterio expresado recién. Tanto el descubrimiento de Wallace Carruthers que condujo a la obtención del nylon como la historia del perfeccionamiento de diversas unidades electrónicas, incluyendo la substitución de los tubos de vacío por novedosos cuerpos sólidos, ilustrarían bien sobre este punto.

Al señalar las diferencias entre los descubrimientos surgidos gracias a la aplicación de teorías nuevas y aquellos otros, basados únicamente en procedimientos empíricos, creo que no he hecho justa mención de un cambio que se ha producido durante todo ese período de desarrollo de la ciencia moderna.

Sabemos que existe el modo de perfeccionar un procedimiento empírico sin la introducción de teoría. Es decir que de este modo perfeccionamos empíricamente al empirismo. Durante el siglo pasado el inventor que trabajaba en su cobertizo podía probar primero un método y luego el otro cuando buscaba solucionar uno de los pasos de su labor, pues no había nadie que lo criticara; si sus métodos estaban lejos de ser eficientes, esto era una cuestión únicamente suya. Pero cuando se reemplazó la invención por el trabajo de laboratorio de los hombres de ciencia, también se reemplazó la autocrítica por la crítica en grupos. Los hombres comprendieron que si un problema debe resolverse lo antes posible, debe observarse cuidadosamente cada experiencia; por otra parte aún en la aplicación del procedimiento empírico de la "prueba y el error" hay diferencias si se aplica un empirismo ordenado o desordenado. Tomemos el simple caso de averiguar qué es lo que ocurre con la lamparita que no enciende; todos podemos imaginar procedimientos que ponen a prueba en forma sistemática una hipótesis de trabajo limitada. Pero también podemos imaginar luego otro método que consista en hacer pruebas a diestra y siniestra, con el cual repetiríamos la misma prueba varias veces y sin ningún objeto.

Lo que se define a menudo como el método científico es aproximadamente, la descripción de una in-

vestigación de tipo empírico [4] bien ordenada y sistemática. Ahora bien, la investigación empírica sistemática y ordenada es uno de los elementos con los que adelanta la ciencia; el otro es el manejo de conceptos nuevos, de nuevos esquemas conceptuales que sirven en grado sumo como hipótesis de trabajo. El nivel empírico sólo puede reducirse por la introducción de elementos teóricos. La ciencia ha avanzado únicamente por la existencia de nuevas ideas de amplio significado, tales como las compendiadas en las leyes de Newton, la noción de que la tierra está rodeada por un mar de aire que ejerce determinada presión, que la luz es un movimiento vibratorio producido en el éter que todo lo rodea, que la materia se compone de átomos que se unen en proporciones definidas para formar compuestos. La causa esencial del avance de la ciencia moderna ha sido la curiosa interrelación entre tales nociones teóricas y la experimentación del artesano; a través de esa interrelación los científicos han edificado una mole de conceptos interconexos y de esquemas conceptuales.

Sin que esto signifique una repetición permítaseme que lo diga otra vez: aplicando procedimientos empíricos bien ordenados fué posible el adelanto de las artes prácticas. Tales procedimientos se usan aún hoy en casi todas las ramas de la ciencia aplicada. En la metalurgia y en la química orgánica, por ejemplo, aún es alto el nivel de empirismo, pero, en cambio, la introducción de nuevos conceptos y la utilización de esquemas conceptuales más amplios fueron las causas fundamentales del progreso de la física, la química,

[4] Cualquier filósofo que lea estas conferencias notará que utilizo los términos "empírico" y "empirismo" en un sentido diferente al que él estará acostumbrado. Uso estas palabras como las emplean generalmente los científicos. (Ver pág. 26.)

y la biología realizado en el transcurso de los últimos trescientos cincuenta años. A medida que estas ciencias se fueron pertrechando con más y mejores teorías, disminuyó el margen de empirismo de las artes relacionadas a estas ciencias. Como consecuencia en el campo de estas labores prácticas fué cada vez más factible obtener la certeza de predicciones tan delicadas como las que se efectúan en el campo de la astronomía. En esto reside el significado práctico del adelanto teórico de la ciencia. La historia de los últimos ciento cincuenta años en particular demuestra lo que sucede cuando se efectúan avances en la ciencia pura. Se crean nuevos principios a partir de observaciones empíricas, siendo entonces posible controlar con mucha mayor fineza y certidumbre que antes lo que uno realiza en las artes prácticas, como así también predecir el resultado de una operación en gran escala que tenga por objeto la fabricación de un producto comercial.

El mejor ejemplo de esto que puede hallarse está en la biología aplicada, justamente la ciencia a la que se refería Tyndall. He hecho referencia a las palabras de Tyndall sobre la artesanía del cervecero. Explicando por qué el cervecero no podría adelantar en su trabajo mientras su arte se basara únicamente en observaciones empíricas decía: "Pero tuvo que luchar, y todavía tiene que luchar contra las preguntas inexplicadas que le asaltan". "Una y otra vez sus cuidados fueron vanos; su cerveza se tornó ácida o amarga y sufrió cuantiosas pérdidas, cuya causa le era imposible descubrir. Es contra esos enemigos ocultos con quienes han luchado hasta ahora el médico y el cervecero, enemigos que investigaciones recientes están trayendo a la luz, preparando así el camino de su futuro exterminio." Tales investigaciones habían

sido introducidas por Louis Pasteur en su estudio sobre la fermentación. Él había demostrado que los "enemigos ocultos" eran los microorganismos, contra los que el cervecero había luchado sin saberlo. Este conocimiento fué la consecuencia de una simple hipótesis de trabajo de gran envergadura propuesta por Pasteur, es decir que la fermentación y la putrefacción eran consecuencias del crecimiento de microorganismos.

Pertrechado con esta teoría, Pasteur disminuyó el nivel empírico en todas las ramas de la industria de la fermentación. Hoy aceptamos la hipótesis de trabajo de Pasteur como un principio inamovible; basamos todos los procedimientos de manejo y tratamiento de los alimentos en la creencia de su exactitud. Y además esta teoría o principio es fundamental en medicina e higiene pública. Creo que no hace falta insistir más sobre este ejemplo de cómo la teoría puede influir en la práctica.

Les daré ahora el caso inverso, en el que la inexistencia de una teoría satisfactoria produjo consecuencias sorprendentes. Me refiero a la acción de las sustancias químicas sobre los organismos vivos. Pese a la enorme cantidad de experimentos realizados por los químicos para obtener nuevas drogas y por los farmacólogos probándolas en animales y hombres, podemos decir que es casi imposible predecir la acción de una sustancia química de una estructura dada en un ser humano o en un microorganismo. Una teoría adecuada le permitiría a uno escribir la arquitectura molecular de una sustancia y a partir de esa estructura predecir el efecto del compuesto sobre un ser vivo. Tales predicciones son posibles actualmente, pero ateniéndose a límites muy estrechos y con sustancias de tipo muy especial. Pero aún así la corre-

lación es esencialmente empírica, no existe una teoría amplia, universal, sobre la acción de las drogas. Sólo en los últimos seis años se ha vislumbrado la esperanza de que la quimioterapia se convierta en una ciencia.

Para recapitular pues, el inventor fué completamente empírico; continuó la tradición del artesano ingenioso. Su lugar ha sido tomado hoy por equipos de científicos e ingenieros. De igual modo ellos también trabajan empíricamente en forma considerable; pero sus procedimientos son bien ordenados y sistemáticos; están disciplinados por la experiencia. En casi todos los campos en los que se introdujo la teoría disminuyó el margen de empirismo. Los equipos de hombres de ciencia que trabajan en la industria y en la medicina están abocados tanto a disminuir aún más el nivel empírico como en aplicar las teorías científicas según son en la actualidad. Todo esto se ha convertido en una empresa social orgánica. Como fenómeno social la ciencia moderna merece un estudio cuidadoso. La agricultura, la medicina, la salud pública y la producción de materiales pesados y su transformación industrial son todos aspectos prácticos que actualmente son estudiados por empíricos entrenados, quienes utilizan instrumentos modernos para efectuar sus experiencias del tipo prueba y error. Los éxitos obtenidos en el adelanto científico, es decir la creación de nuevas teorías y la comprobación de estas teorías por la experimentación se publican libremente, en su mayor parte. Las sociedades y las revistas científicas hacen posible esta intercomunicación. Destruir la naturaleza social de la investigación científica, en el sentido de impedir la intercomunicación de los científicos significa el cese casi completo del avance de la ciencia. Al reconocer este hecho uno debe pensar en las conse-

cuencias del gasto de enormes sumas de dinero en investigaciones bélicas secretas y empresas similares, Uno no puede dejar de preguntarse por cuánto tiempo una gran parte de nuestro caudal científico humano podrá ser utilizado en estos atípicos trabajos científicos sin lesionar las tradiciones que han hecho posible la existencia de la misma ciencia.

La historia de la ciencia demuestra más allá de toda duda que los adelantos revolucionarios y realmente significativos no provienen del empirismo sino de las teorías nuevas. El desarrollo de estas teorías, a su vez, dependía en el pasado de la discusión libre de sus consecuencias. Cuanto puede realizarse detrás del muro del secreto, todavía queda por verse. Este muro representa la seguridad pública. No discuto la necesidad de su existencia en estos tristes años del rearme. Pero es esencial que el público de los países libres esté enterado de su existencia y comprenda las condiciones especiales impuestas hoy sobre ciertas fases de una actividad a la que una sociedad industrializada difícilmente haría daño: el adelanto de la ciencia. Si esto se comprende plenamente, entonces es posible entender mejor una fase de "los recientes adelantos de las ciencias físicas".

EL CAMBIO EN LA ESCENA CIENTÍFICA

(1900-1950)

Pilas de libros y cientos, quizás miles de artículos se han escrito en los últimos doce años sobre un solo tópico, que podría designarse como "los aspectos filosóficos de la reciente revolución ocurrida en la física". Pese a ello, yo creo más bien que el lego está lejos de haber comprendido qué es lo que ha ocurrido en la física que puede calificarse de revolucionario; ni tampoco está seguro en forma alguna de cuáles son las consecuencias de la ciencia moderna para sus esperanzas personales, sus temores y ambiciones. Efectivamente, aún en la más enrarecida atmósfera que respiran los matemáticos, lógicos, epistemólomos y físicos teóricos se está muy lejos de coincidir completamente en cuanto a la relación de la física moderna con varias hipótesis del mundo que por generaciones han sido materia de especulación de los filósofos. Para el simple observador hay algo que es evidentemente cierto: algo tremendamente excitante ha ocurrido en el campo de lo que designamos como el mundo físico; este algo es un complejo de resultados experimentales inesperados obtenidos durante los últimos cincuenta años unido a nuevas y admira-

bles ideas teóricas que han sido enormemente fructíferas. Lo que ha ocurrido se relaciona sólo a la distancia en términos lógicos e históricos con la explosión de la primera bomba atómica; sin embargo para la mayoría de la gente, incluyendo a muchos hombres de ciencia, constituye un símbolo de la nueva física, el desprendimiento de energía atómica en gran escala logrado a partir de 1940. Un elemento bélico revolucionario y el sueño de una futura fuente de energía industrial, también revolucionaria, se han entrelazado con lo que algunos consideran una revolución en la concepción del hombre sobre el universo.

El hecho de que la materia pueda anularse parece a muchos no científicos la más extraordinaria entre todas las facetas de la nueva escena científica. Los divulgadores de este tema no han perdido ocasión de señalar que la destrucción de Hiroshima fué consecuencia de la desintegración de una pequeña cantidad de materia convertida en la energía que desoló una ciudad. Para algunos la desaparición real de la materia resulta tan perturbadora como lo es la pérdida de la vida o la ruina de una ciudad, pues la mayoría de las mentes populares asocian la palabra "materia" con la palabra "realidad".

Ya en 1876 el profesor P. G. Tait, en una conferencia sobre "Algunos adelantos recientes de la Física" decía: "La comprobación más importante de la realidad de lo que denominamos materia, la prueba que demuestra su existencia objetiva, es su indestructibilidad e increabilidad —si se permite el término— por ningún proceso manejado por el hombre". Y haciendo la descripción de cómo el químico podía verificar siempre exactamente la misma cantidad de materia que tuviera al principio, luego de una serie de transformaciones químicas Tait concluía lo siguiente: "Esta

es, pues, la más grande prueba de la realidad objetiva de la materia".

El análisis cuidadoso de toda su exposición demostraría que lo que en realidad excluía era la desaparición o reaparición caprichosa e impredictible de la materia; pero la manera en que unió las oraciones que he citado muestra cuán predispuesto se encontraba, aún un físico con preocupaciones filosóficas, a apostar a favor de la permanencia de la materia. Expresaba, me parece, algo así como una definición popular. Y estas definiciones populares tienen gran importancia en la determinación del panorama filosófico de un hombre o mujer que piense seriamente.

La idea de la conversión de la materia en energía evolucionó sólo lentamente entre los científicos durante el primer cuarto del siglo veinte. Primero fué el descubrimiento casi accidental de la radioactividad realizado por Becquerel. Cierta clase de radiaciones penetrantes similares a los recientemente descubiertos rayos X eran emitidas por algunos minerales. Alrededor de 1903 los esposos Curie aislaron el radium, y en 1910 ya se había estudiado cuidadosamente la transmutación espontánea de ciertos elementos radioactivos y los productos de desintegración —como se llamaron a algunos elementos— fueron ubicados en la tabla periódica de la química. Uno de los jóvenes pioneros de esta nueva y extraña química fué Frederick Soddy. Lo que él dijo sobre la materia y la energía tiene considerable interés, a la luz de lo que ha sucedido treinta años después.

En un libro de divulgación publicado en 1912 decía lo siguiente: "En los últimos años hemos comprobado en el campo de la radioactividad la desintegración espontánea de ciertos átomos, en partes que forman átomos más livianos. La energía liberada en esta trans-

formación natural deja en la sombra a cualquier caso previo. El explosivo más violento que conocemos, la transformación masa a masa, en la que de pronto se separan los átomos que componen una molécula, libera escasamente una millonésima parte de la energía que se produce cuando son los átomos los que vuelan en pedazos. La gran diferencia entre los dos casos —es decir, entre el tipo de transformación de la materia más fundamental que conociéramos hasta hace diez años, y éste, que conocemos ahora— ha abierto un horizonte enteramente nuevo a la ciencia. Sólo la energía cinética es sensible y reconocible. La energía potencial puede y debe existir en la materia, pero en grado tal que actualmente sólo la apreciamos escasamente, pero hasta tanto la materia no se transforme y convierta su energía de posición en energía de movimiento, esta energía es irreconocible e inaccesible" [1].

Desde los años de Soddy hasta la puesta en marcha de la primera reacción en cadena auto - abastecida realizada en Chicago en 1943, de tanto en tanto cierto número de científicos volvía a la idea de la producción de inmensas cantidades de energía por un proceso de transmutación de los elementos. En 1920 la mayoría de los físicos razonaba en términos de la especial teoría de la relatividad. Pero recién después de la Primera Guerra Mundial, cuando Aston completó su estudio sobre los isótopos de los elementos no radioactivos, los científicos comenzaron a especular en términos de la transformación de la masa en energía.

En la década 1920 - 1930, la teoría de Einstein, los hechos descubiertos en radioactividad, el descubri-

[1] *Materia y Energía* (New York: Oxford University Press, 1912), páginas 143-44. Reproducido con autorización de los editores.

miento de isótopos, y la determinación de la masa de los átomos de muchos elementos "puros" fueron factores que contribuyeron a formar una imagen consistente en la que la transmutación artificial era una posibilidad real. Pero aún entonces las predicciones eran erróneas, por lo menos en uno de sus aspectos.

Recuerdo un informe de Aston sobre su trabajo sobre isótopos poco después de finalizada la Primera Guerra Mundial en el que comentaba las posibilidades de convertir los elementos situados en un extremo de la tabla periódica en los que se encontraban en la mitad, con la consecuente pérdida de la masa y el intercambio de enormes cantidades de energía. (Como base de sus cálculos usó la ecuación de Einstein.) La posibilidad de tal transformación le parecía remota (o así lo daba a entender) y decía entonces algo al respecto: "Si algún día se descubre el camino para lograrlo, el suceso tendrá probablemente como heraldo el advenimiento de una nueva estrella". En otras palabras, él imaginaba que el desprendimiento de energía no podría ser controlado y todos los átomos del elemento en cuestión se desintegrarían a un tiempo y este planeta —la tierra— ¡explotaría convirtiéndose en una pelota de fuego!

En cuanto a la probabilidad de comenzar el desprendimiento de energía potencial del átomo, parecían pocas las condiciones favorables, aún luego de la primera transmutación artificial lograda por Rutherford. Ésta se realizó por medio del bombardeo de ciertos elementos con partículas a alta velocidad. Pero se necesitaba tanta energía para darle a la partícula la velocidad suficiente como para que efectuara la transmutación, y los "choques" eran tan escasos, que la cantidad neta de energía producida era despreciable.

La transmutación se había logrado, pero la esperanza de obtener energía por este proceso aún parecía remota.

Todo esto cambió ante el descubrimiento de una nueva partícula, el neutrón, realizado por Chadwick en 1932, seguido muy pronto de los trascendentales descubrimientos relativos al uranio. Todo esto se ha dicho en lenguaje popular tantas veces desde 1945 que cae ya en la categoría de los conocimientos elementales. Naturalmente no intentaré hacer aquí otra exposición del descubrimiento del fenómeno de fisión nuclear y su aprovechamiento durante el período 1940 - 1945.

Sólo muy pocos, fuera de un reducido núcleo de científicos, pudieron excitarse ante la gradual aceptación de que la masa podía convertirse en energía o ante la conclusión de que la materia podía destruirse por un acto nacido de la mano del hombre. Ni siquiera la aplicación de las nuevas ideas sobre la energía nuclear a la astronomía, la explicación del origen de la energía del sol, que precedió al estallido de la Segunda Guerra Mundial; ni siquiera esto impresionó al mundo con la idea de que de alguna forma toda la naturaleza del universo había cambiado. De todos modos, lo que podría llamarse la aplicación cósmica de las teorías de la física nuclear quedó empequeñecida por las bombas y las pilas atómicas. "Ver para creer"; y no podía haber dudas sobre lo visto, por lo menos en las fotografías, para convencerse de la realidad de esa imprecedente liberación de poder explosivo. Por lo tanto, el cambio más dramático, si no el más significativo del panorama científico de la vida de muchos de nosotros es la aceptación, como un hecho, de la interconversión de la materia y la energía.

El significado cultural de la revolución ocurrida en la física puede simbolizarse por la reacción del hombre lego ante la famosa fórmula de Einstein $E=mc^2$. Que la materia desaparece bajo determinadas circunstancias y que la energía toma su lugar no es una concepción demasiado difícil de cuadrar en un esquema basado en el sentido común; efectivamente la noción de la conservación de la materia pese a una transformación química como la combustión, es una adición más, relativamente reciente a nuestro bagaje de prejuicios; parece desmentirse cada vez que encendemos una cerilla. ¿Pero qué tiene que ver la velocidad de la luz con todo este asunto? Ésta es la pregunta que preocupa, o más bien es la respuesta la que preocupa pues el científico debe decir al interrogador: "Lo siento, pero eso proviene de la teoría de la relatividad y es muy difícil, si no imposible, explicarlo sin la introducción de buena parte de métodos físicos y matemáticos. No puedo darle ni siquiera una comparación aceptable; usted tiene que admitirlo con fe".

A lo que la respuesta podría ser: "Ustedes los científicos esperan que el resto de nosotros se satisfaga con explicaciones del universo que para nosotros son sólo dogmas científicos".

El porqué de las teorías científicas como explicación del universo, sean o no explicables al hombre lego, será un punto que tocaré más adelante. Permítaseme continuar bosquejando el contorno de la nueva física. Pero, la mayoría de los físicos no piensa que la interconversión de la materia y la energía sea el aspecto más admirable de los sucesos ocurridos en los últimos treinta o cuarenta años. De mucha mayor importancia, dirán, es la nueva concepción de la naturaleza de la luz y la formulación cuantitativa de sus interacciones con la materia. Por ejemplo, P. W.

Bridgman ha dicho: "que desde principio del siglo el físico ha pasado bruscamente a una crisis intelectual, forzado por descubrimientos experimentales de una naturaleza que él no había imaginado previamente, y que nunca hubiera creído como posibles".[2]

Como lo evidencian claramente las palabras del Profesor Bridgman no nos encontramos ante un espectacular adelanto científico, sino con una solución de continuidad en una línea de razonamientos. Es apropiado denominar a lo ocurrido una revolución en el pensamiento científico, pues se ha producido un cambio en la actitud intelectual de los físicos. Este cambio ha sido forzado por una serie de descubrimientos experimentales que enfrentaron al científico con un dilema que hace setenta y cinco años hubiera sido tachado de imposible. Todo esto es muy diferente de lo que se suele llamar un descubrimiento revolucionario, como lo fué el de la radioactividad; en realidad está emparentado con la formulación de esos nuevos conceptos que marcan épocas, como los contenidos en la mecánica newtoniana o en la teoría de la evolución de Darwin. Seguramente alguno afirmará que la física contemporánea es más que una revolución, y que en cuanto a romper con el pasado, representa más que la introducción de cualquier nueva teoría en ciencia desde 1600. Pero cuando se intenta valorar los efectos permanentes de una serie de acontecimientos intelectuales, uno debe recordar que, por lo común, un cambio en la dirección de los pensamientos parece más drástico a aquellos que viven durante el período de transición que a sus propios descendientes. No podemos imaginar en modo alguno

[2] P. W. BRIDGMAN, *Aspectos filosóficos de la Física*, en el *Boletín* de la American Academy of Arts and Sciences. Vol. III, Nº 5 (Febrero, 1950).

cómo considerarán la revolución ocurrida en la física en la primera mitad del siglo veinte los historiadores de la ciencia del siglo veintiuno.

Para ilustrar lo que se me ocurre como la esencia de la nueva desviación del pensamiento científico, usaré una analogía. No consideraremos ahora a la luz, sino al calor, y recordaremos que hace poco más de cien años los conferencistas que divulgaban la ciencia fascinaban a sus auditorios demostrándoles que el calor era una "forma del movimiento". Pudo demostrarse luego que la noción aquella de la existencia de un flúido calórico sutil que fluía de los cuerpos calientes a los más fríos era completamente innecesaria. Efectivamente, no sólo innecesaria, sino que se demostró que era completamente inadecuada para explicar una serie de resultados experimentales, tal el caso de la producción de calor por fricción. Entonces, la teoría calórica del calor que había sido útil en su época fué descartada y en su lugar se estableció firmemente el concepto de que el calor estaba relacionado con el movimiento de partículas. De todos modos, la teoría calórica ha quedado como un eficaz elemento pedagógico. Aún nosotros hablamos del flujo del calor y aún exponemos expresiones matemáticas para trabajar con ese flúido como si existiera, pese a todo, un flúido calórico.

Dentro de un limitado aspecto de los hechos experimentales de la física y de la química, la teoría calórica es aún el modo más conveniente de ordenar esos hechos. Obsérvese que dije "un limitado aspecto de los hechos", pues la introducción de otras demostraciones experimentales destruyó la omnipotente utilidad de la teoría de un flúido calórico. Para seguir manteniendo aquella teoría y aún explicar todos estos hechos nuevos uno hubiera tenido que enlazar arbi-

trariamente una suposición a otra. Por otro lado, cuando se abandonó la teoría y se interpretó al calor como un movimiento de partículas, se abrió un enorme panorama de nuevas posibilidades. En pocas palabras, los experimentos demostraron irrefutablemente, digámoslo así, cuál de las dos teorías del calor era la "verdadera".

Hacia el fin del siglo pasado parecía que la naturaleza de la luz estaba definitivamente aclarada, tanto como la del calor. La luz era una modificación electromagnética del éter, substancia presente en todas partes; era la luz un fenómeno de onda. La vieja idea de que la luz era corpuscular —un rayo de proyectiles— se había abandonado, por lo menos así lo afirmaba una cierta serie de famosos experimentos que probaban que la luz era efectivamente ondulatoria. Entonces, se vieron ciertos nuevos fenómenos experimentales que no se adaptaban a la teoría ondulatoria de la luz, al igual que lo ocurrido con los anteriores, que no encuadraban en una teoría corpuscular. Alrededor de 1910 se había llegado ya a una situación completamente insostenible, la que podría resumirse diciendo que la luz es emitida y recibida como si consistiera en una corriente de partículas y que se transmite como si fuera un tren de ondas. Para los científicos de hace cuarenta años esto era algo así como decirles que una caja estaba llena y vacía al mismo tiempo; era imposible, decían, que la luz fuera a la vez ondulatoria y corpuscular. Si éste era el caso, sólo podría persistir como una situación temporaria. Sería seguramente cuestión de tiempo y se diseñaría un grupo de experiencias que resolverían la dificultad, pues ésta fué la sucesión normal de los acontecimientos que constituyen la historia de la ciencia.

Experimentamos la tentación de decir que lo que

ha ocurrido en los últimos cuarenta años en el campo de la física es que los físicos han aprendido a amar situaciones que antes consideraban indeseables. Parece como si sus predecesores se hubieran visto forzados a retener la noción del flúido calórico no sólo como medio conveniente para formular ciertos experimentos sino como una cuestión de necesidad, y aún ante la evidencia contraria la teoría permanecía inconmovible. Aún más que eso, parece como si los predecesores hubieran decidido que la misma naturaleza de la energía y la materia era tal que resultaba imposible decidirse a favor o en contra de las dos ideas sobre el calor; la teoría calórica o el calor como una forma del movimiento. Una decisión tal tomada por los científicos de principios del siglo diecinueve hubiera sido la negación de la misma ciencia; por lo menos eso es lo que hubiera dicho la gente hasta hace muy pocos años. El progreso de la ciencia consistía en poner a prueba las conclusiones obtenidas a partir de varias hipótesis y en descartar las hipótesis que dieran por resultado conclusiones no confirmadas por las experiencias.

La idea de que pudieran existir dos teorías diametralmente opuestas sobre la naturaleza del calor, o de la luz o de la materia y que ambas pudieran refutarse y confirmarse por la experimentación no hubiera tenido sentido para la mayoría de las personas que gozaban de su sano juicio y vivían hace cincuenta años. Con respecto al calor podemos decir sencillamente que la teoría del flúido calórico es anticuada, sin temor a equivocarnos; en cuanto a la luz, no podemos hacer nada mejor que decir que, en cierto sentido es tanto ondulatoria como corpuscular. En cuanto a la materia ya hemos visto que también en su caso se ha admitido cierta ambigüedad.

No es mi propósito ni siquiera intentar hacer una

lista en esta serie de conferencias de los hallazgos experimentales que produjeron la revolución en la física. No son pocos y ciertamente no son tan simples. La interpretación de esas demostraciones experimentales está tan amalgamada con el nuevo panorama teórico que se hace extremadamente difícil tomar experimentos cruciales aislados. Por ello, pienso que es apropiado poner cierto grado de cautela al leer alguna de las descripciones populares de los detalles de la nueva física, pues al simplificar un experimento complicado, el escritor se ve casi forzado a introducir la interpretación antes de haber obtenido las conclusiones que deben dar las evidencias.

De todas maneras, está fuera de toda esperanza manejar en una sola conferencia una enorme masa de evidencias experimentales que requerirían muchas conferencias, para ofrecer sólo una revisión sumaria de los hechos a un público lego.

El tema de mi conferencia, permítaseme recordarlo, es el cambio producido en la actitud del público hacia la ciencia y la alteración del punto de vista de los mismos científicos hacia la ciencia. Como ilustración de esta última proposición será apropiado decir algunas palabras sobre el destino corrido en el siglo veinte por los dos más grandes principios del siglo diecinueve: la conservación de la masa y la conservación de la energía. La historia de la energía atómica ha hecho ya familiar la unión de estos dos principios. Debemos ahora considerar el inmenso deseo de los físicos de postular la existencia de una partícula, el *neutrino* con el único objeto de balancear las cifras de la masa y la energía —como si fueran debe y haber— en ambos lados del libro mayor de ciertas transformaciones de la física nuclear. Hasta hoy, según mi propia información, no existe ninguna demos-

tración experimental de la existencia de esta partícula, ni tampoco parece posible, según me han informado, que pueda diseñarse alguna prueba experimental para comprobar o refutar su existencia. Debemos elegir entre suponer que en ciertos experimentos falla la conservación de la masa y la energía o que durante su transcurso se libera un neutrino. Es evidentemente mucho más conveniente elegir la segunda posibilidad; son pocos los casos en que hay que postular la existencia del neutrino y en cambio en todos los demás la relación masa-energía se conserva dentro de la seguridad que nos dan los métodos de registro. En consecuencia, podemos decir que el neutrino llena la misma función práctica que llenaba el flúido calórico, y que aún utilizamos cuando queremos analizar el flujo del calor de un cuerpo a otro.

Hasta aquí he señalado las situaciones incómodas que se establecieron como consecuencia del adelanto de la ciencia desde el fin del siglo. Con el objeto de enderezar la balanza debo insertar aquí algunas palabras sobre el modo sorprendente (sorprendente para algunos al menos) en que las teorías de los físicos concuerdan con las de los químicos. De ningún modo se pensaba en 1900 que éste sería el curso de los acontecimientos. En esa época la teoría atómica-molecular de los químicos y la teoría molecular de los físicos parecían relacionarse sólo en forma distante. Los químicos dibujaron la forma en que los átomos se disponían en el espacio en ciertas moléculas para explicar las observaciones recogidas en series de experimentos altamente especializados. Más de un escéptico expresó sus dudas sobre la realidad de tales modelos moleculares. Eran conceptos que si resultaban ciertos explicarían los hechos observados entonces; esta afirmación sumamente restringida era todo lo que

alguno se hubiera atrevido a expresar. Antes de pasar la mitad del siglo, sin embargo, los físicos, estudiando una serie de fenómenos completamente diferentes —la interacción entre la luz— de corta longitud de onda (incluyendo a los Rayos X) —y la materia— llegaron a conclusiones idénticas a las de los químicos. Actualmente si uno desea dar los fundamentos a favor de cierto tipo de una molécula compleja, los resultados experimentales de la física y de la química estarán entrelazados asignándoseles idéntico valor. En una palabra, los esquemas conceptuales de los químicos y de los físicos con respecto a la estructura atómica de la materia se han unificado, pese a partir de observaciones completamente diferentes.

Obsérvese que es admisible pensar que hubiéramos tenido que operar con dos tipos de modelos, uno que facilitara al químico la formulación de los resultados de sus trabajos y el otro que guiara las investigaciones de los físicos. Hace cuarenta años esta eventualidad nos parecía la más factible. Por lo tanto debemos regocijarnos porque el desarrollo de los acontecimientos haya tomado la dirección contraria, y que los dos esquemas sean hoy uno solo. Digo "regocijarnos" pues dejando de lado todo aspecto metafísico, tener que manejar sólo un tipo de átomo contribuye a la simplificación y en consecuencia a la practicidad, cuando hablamos de la arquitectura de las moléculas.

Mientras que los experimentos de las últimas décadas han llevado a una simplificación de la idea de la molécula compuesta por átomos, la estructura del átomo en sí nos presenta un cuadro complejo y algo confuso. Nuevamente aquí no intentaré exponer los detalles de los descubrimientos experimentales; en cambio señalaré la tendencia general existente en las interpretaciones corrientes. Nuestro deseo de tener una

visión simple del universo fué satisfecho admirablemente hace algunos años cuando podía decirse que todos los átomos parecían estar compuestos por tres clases de partículas elementales: neutrones, protones y electrones. Dentro de este esquema la transmutación de los elementos podía compararse en forma grosera a la transformación de un compuesto en otro; de acuerdo a la teoría atómico-molecular un compuesto difiere de otro únicamente en el número y las características de los átomos agrupados en la molécula. En la imagen generalmente usada del interior del átomo, un elemento difiere de otro únicamente en el número de partículas elementales que componen la masa central del átomo (el núcleo).

Cualquier divulgación científica sobre la energía atómica dará una descripción cualitativa aceptable de la estructura de la materia. La diferencia entre un tipo de uranio y otro (es decir el concepto de isótopo) puede esquematizarse inmediatamente; del mismo modo la desintegración espontánea del núcleo de los elementos radioactivos puede mostrarse por medio de diagramas mucho más simples que los que un químico necesita para explicar la diferencia entre el azúcar de caña y la glucosa, por ejemplo. (Pero recordemos que el esquema es simple siempre que no vayamos muy lejos en nuestras preguntas sobre la relación entre la masa y la energía y si no formulamos preguntas embarazosas sobre el porqué de la presencia de la velocidad de la luz en la ecuación de Einstein).

La analogía entre la arquitectura de las moléculas y la de los átomos se rompe en una serie de puntos. Las dificultades que han aparecido durante los últimos doce años y que hacen más complejo el simple esquema pueden resumirse en pocas palabras: el número de partículas elementales se ha multiplicado en

forma engorrosa. Para simplificar mucho las cosas, digámoslo así: si únicamente los neutrones, protones y electrones fueran los ladrillos que forman el átomo todas las desintegraciones de núcleos atómicos deberían producir únicamente estas partículas, además de otros núcleos. (Habría pocas excepciones a este concepto, por ejemplo el neutrino, introducido para explicar la conservación de la masa y la energía).

Los experimentos relacionados con la interacción entre la materia y partículas animadas de velocidades extremadamente altas (y por ello cargadas con mucha energía) han producido un enjambre de partículas nuevas, seguramente media docena. Si uno desea tomar como demostración del esquema que admite protones, neutrones y electrones la producción de estas tres partículas en muchas desintegraciones espontáneas y artificiales es embarazoso comprobar que aparecen tantas otras partículas cuando las desintegraciones se efectúan bajo circunstancias un poco diferentes. Quizá no sea correcto decir que el átomo contiene a cualquiera de estas partículas como un bolillero contiene bolillas. Quizás una analogía mejor se encuentra en un trozo de caramelo que se rompe en pedazos cuando se lo golpea con un martillo —quizás todas las partículas se generan en el proceso de desintegración en vez de existir preformadas en el núcleo del átomo. Pero, si es así, ¿por qué hay tanta uniformidad en lo que encontramos? ¿Por qué no hay partículas distintas en cada distinto proceso de desintegración?

Preguntas como éstas —o sus equivalentes sofisticados, sería mejor decir— traen dudas y hacen pensar si el esquema conceptual de la física nuclear es una "real" explicación de la estructura del universo. Pero dudas similares no sólo han aparecido, sino que han sido proclamadas en las encrucijadas durante veinte

años por muchos (pero no todos) importantes físicos y filósofos de la ciencia. Mucho antes de que se manifestara la creciente complejidad del esquema del interior del átomo estos hombres declaraban que la nueva física era revolucionaria. Y por revolucionaria entendían una concepción que había sido alterada de manera totalmente inesperada.

Uno de los más importantes factores que cambiaron el punto de vista científico ha sido la imposibilidad de corroborar con experiencias la validez de la teoría ondulatoria contra la teoría corpuscular de la luz. He opinado antes que el físico ha aprendido a vivir una paradoja que una vez creyó indeseable. Sería mejor decir que él ha descubierto cuán general es la paradoja y también cómo por medio del manejo matemático de los datos experimentales puede resolver todo tipo de problemas gracias a la paradoja. Si un hombre lego persiste hoy en la pregunta: ¿el rayo de luz se compone de partículas o de ondas?, probablemente recibirá de la mayoría de los físicos con preocupaciones filosóficas la siguiente respuesta, más o menos: "La suya no es una pregunta útil. Los físicos hemos dejado de hacérnosla; pero si usted insiste, podríamos decirle que un rayo de luz es a la vez un conjunto de partículas y de ondas. Pero apresurémonos a agregar que a la vez es un rayo de electrones o de núcleos atómicos animados de gran velocidad. Además a menos que usted confunda la nueva física con los meros errores de la vieja física, le diré claramente que en nuestro nuevo esquema conceptual nosotros podemos definir matemáticamente nuestras incertidumbres, así como la interacción entre una corriente de partículas u ondas y mayores conglomerados de materia. En pocas palabras, existe toda una nueva rama de la física llamada mecánica cuántica que ahora

incluye gran cantidad de material experimental tanto químico como físico y que ha sido tan fructífera como cualquier otro adelanto de la historia de las ciencias físicas. De modo que si le parece que la solidez de la materia parece haber desaparecido de debajo de sus pies, no piense por ello ni por un momento que eso ha impedido el avance de la ciencia, pues el caso es justamente a la inversa".

Para dar una semblanza de las características revolucionarias de la mecánica cuántica (es sólo una semblanza) no voy a utilizar la relación entre las radiaciones y la materia —usual campo de exposición de los fenómenos cuánticos— sino que hablaré del esquema moderno de una molécula. Tomemos una sustancia relativamente simple como el tetracloruro de carbono, la base de muchos líquidos limpiadores. Hace un poco menos de un siglo, la teoría atómico-molecular de los químicos había llegado a un punto en el que todos admitían que el tetracloruro de carbono se representaba mejor suponiendo que cada molécula contenía un átomo de carbono rodeado por cuatro átomos de cloro dispuestos aproximadamente como un tetraedro. Actualmente en 1952 decimos que podemos ubicar por medio de las técnicas de la física el centro del átomo de carbón, el de los átomos de cloro, es decir el núcleo de los átomos. Pero cuando intentamos decir dónde están los electrones, que están en cierta forma relacionados con la ligadura del carbón y los átomos de cloro, no podemos ser precisos.

De acuerdo con el dibujo que ahora hacemos, los cinco núcleos tienen carga positiva, el del carbón tiene cuatro cargas y cada uno de los núcleos de cloro, siete cargas positivas. La molécula del tetracloruro de carbono es eléctricamente neutra, de modo que en alguna forma un total de $4 + (4 \times 7) = 32$ elec-

trones se distribuyen alrededor de los cinco centros atómicos. Los químicos de la anterior generación a menudo especulaban sobre cuál sería la ubicación de los electrones en el modelo de la molécula. La esencia de la nueva mecánica cuántica reside en el hecho de que ahora decimos que uno no puede nunca determinar por ningún método experimental la localización exacta de ninguno de estos electrones. Hay varias maneras de formular esa distribución, cuya naturaleza genera las fuerzas que mantienen juntos a los núcleos, pero sólo en forma estadística podemos describir la ubicación de los así llamados electrones de valencia o de enlace.

El intento de dar una idea sobre el famoso principio de incertidumbre por medio del contraste entre nuestra seguridad para localizar los centros de los átomos de las moléculas y nuestra creencia en la inherente incertidumbre de las posiciones de los electrones puede que sea o no un método pedagógico adecuado para este auditorio. Pero me permite comparar la nueva incertidumbre de la mecánica cuántica con otra incertidumbre un poco más vieja, es decir la que implica la teoría cinética de los gases. La idea de que un gas se compone de partículas muy pequeñas cuyo volumen total ocupa sólo una pequeña porción del espacio total, nació en la primera mitad del siglo diecinueve. La representación de un gas como un enjambre de partículas en rápido movimiento implica la aplicación de un punto de vista estadístico a toda la escena. Ninguno ha tratado de seguir el curso de una sola molécula a través de su vuelo y sus choques contra las paredes del recipiente o contra otras moléculas, pero es posible manejar matemáticamente a un gran número de esas partículas. La teoría resultante de esto ha demostrado ser una de las pie-

dras fundamentales de la física y la química del siglo diecinueve.

Ahora bien, la mayoría de los intérpretes de la mecánica cuántica hacen una neta diferenciación entre la incertidumbre aplicada a una sola partícula de un gas según la cinética clásica y la incertidumbre aplicada a la posición de los electrones de valencia de una molécula. Algunos otros, tratando de popularizar la modificación del panorama de la física, sugieren por lo contrario que las dos incertidumbres sin ser completamente iguales son muy similares. Las razones dadas por los que subrayan la naturaleza peculiar de la incertidumbre sobre la posición de los electrones son de un interés especial. Ellos señalan que: hasta que los fenómenos cuánticos penetraron en los físicos y se creó la mecánica cuántica los científicos estaban convencidos de que *en principio* podía calcularse de antemano el movimiento de cada partícula. Ahora están convencidos de que esto es verdad dentro de ciertos límites definidos por una ecuación matemática. (Y la ecuación es tal que, para objetos muy pequeños como los electrones, la incertidumbre implícita es grande).

Quizás no sería demasiado errado decir que dado el grado en que los científicos se han adherido a esta filosofía mecánica, "en principio", la nueva mecánica cuántica es revolucionaria.

Y bien, ¿qué significado tiene la nueva concepción para aquellos interesados en construir un cuadro total del universo? El profesor Bridgman ha dicho al considerar los aspectos filosóficos de la física:

"Finalmente, llegamos a lo que considero, desde un punto de vista amplio, la más revolucionaria de las conclusiones obtenidas de nuestras recientes experiencias en física, más revolucionaria que la conclusión

presentada por los descubrimientos de Galileo y Newton o Darwin. Es la conclusión de que es imposible trascender los límites del punto de referencia humano.

...Esta nueva conclusión proviene de haber comprendido que la estructura de la naturaleza puede eventualmente estar formada de tal manera que nuestros mecanismos de razonamiento no se correspondan en forma suficiente con ella, como para permitirnos pensar sobre toda esa estructura. Ya hemos visto una aproximación de esto en la conducta que siguen los cuerpos muy pequeños en el campo de los cuantos... no puede haber diferentes opiniones en cuanto al dilema que ahora nos empuja hacia lo muy pequeño. Nos vamos acercando a un límite, más allá del cual tendremos que dejar para siempre de hacernos nuestras preguntas; y no seremos detenidos por la naturaleza del universo, sino por la naturaleza de nosotros mismos. El mundo se marchita y nos elude pues pierde completamente su significado. Ni siquiera podemos expresarlo en la forma que quisiéramos. No podemos decir que existe un mundo más allá de nuestra capacidad de conocimiento, dada la misma naturaleza del conocer. El mismo concepto de la existencia deja de tener significado. Es literalmente verdad que el único modo de reaccionar ante esto es callarse la boca. Nos enfrentamos con algo verdaderamente inefable. Hemos llegado al límite de aquella visión que manejaban los grandes pioneros de la ciencia, la visión que nos suponía viviendo en un mundo agradable, y comprensible para nuestras mentes".[3]

El profesor Dingle, de Londres, ha dicho: "Los hombres que llevaron adelante la tradición científica

[3] P. W. BRIDGMAN, *Philosophical Implications of Physics* en el *Boletín* de la American Academy of Arts and Sciences, Vol. III. Nº 5 (Febrero, 1950).

establecida en el siglo diecisiete lo hicieron verdaderamente y con fe, pero pensando en todo momento que estaban haciendo algo más. La revolución producida en el siglo veinte reside simplemente en el derrocamiento de la falsa noción de lo que era y es la ciencia. La misma ciencia ha proseguido su camino recto desde Galileo a través de Newton y Einstein hasta nuestros días". [4]

"El científico de mediados del siglo diecinueve pensaba", continúa diciendo Dingle, que manejaba "un mundo externo real y substancial, compuesto por cuerpos materiales cuyo contenido era mesurable por su masa y peso... Los datos así obtenidos daban claves —a menudo indirectamente— de los principios eternos e inmutables que, se creía firmemente, dirigían la conducta del mundo... Se creía entonces que el mundo mostraba, con el transcurso del tiempo, una sucesión de estados, cada uno conectado con el precedente y con el sucesivo, por lo que se pensaba en la existencia de un vínculo irrompible, absolutamente necesario. Esto se denominaba el principio de causa y efecto...

"En términos generales podemos decir que en la época victoriana se pensaba que el progreso de la ciencia era un fenómeno de acumulación... Nuestro punto de vista actual es muy diferente... el esquema del todo que hacemos en nuestro intento de expresar sus interrelaciones, implica incesantes transformaciones.

"...No podemos decir ya más el Mundo es así, o el Mundo es de esta otra forma. Sólo podemos decir: Nuestra experiencia, hasta el presente, la po-

[4] HERBERT DINGLE, "The Scientific Outlook in 1851 and 1951" *British Journal for the Philosophy of Science* II (1951) 86.

demos representar mejor con un mundo con tal o cual aspecto; no sé qué modelo lo representará mejor mañana, pero estoy seguro que coordinará mayor número de experiencias que el esquema de hoy" [5].

Según esta interpretación de la historia de la ciencia, podemos colegir que lo que los físicos creían hacer durante el siglo diecinueve era descubrir las leyes causales que gobernaban el mundo material; en realidad, para usar las palabras del profesor Dingle: "Ellos estaban sólo un poco más allá del comienzo de su tarea de comprensión del mundo de la experiencia". Pero, al contrastar el presente con el pasado, es importante señalar que no todos los científicos del siglo diecinueve estaban de acuerdo sobre la naturaleza de su tarea. Basta con mencionar el nombre de Ernst, Mach, cuyos puntos de vista han llevado en nuestros días a la expresión de las doctrinas de los empiristas lógicos, para indicar que había algunos escépticos en cuanto a la posibilidad de determinar única y definitivamente la naturaleza del universo material. P. G. Tait en 1876 en sus conferencias sobre los "Recientes adelantos de la Ciencia Física" afirmaba que "no hay nada tan absurdamente no científico como afirmar (como hacen constantemente los cuasi-científicos escritores actuales) que ante los supremos esfuerzos realizados por la ciencia, nos iremos aproximando, necesariamente, a concebir la naturaleza última de la materia". Aún un físico tan ortodoxo como J. J. Thomson mantenía este mismo punto de vista cuando afirmaba, en la introducción a su pequeño libro *La Teoría Corpuscular de la Materia* publicado en 1907, que su nueva teoría no debía tomarse como "explicativa del carácter íntimo de la materia.

[5] Ibid pp. 89, 98-99.

su objeto es únicamente físico", decía, "y no metafísico". Y agregaba estas importantes palabras: "Desde el punto de vista del físico, una teoría sobre la materia es más bien un instrumento que una doctrina; su objeto es conectar y coordinar diversos fenómenos aparentemente diversos y por sobre todo sugerir, estimular y dirigir experimentos".

Si yo intentara resumir en una oración el aspecto filosófico de la nueva física, me sentiría inclinado a parafrasear a Sir J. J. Thomson. Una enormidad de hechos experimentales, comprobados durante el siglo veinte, ha dado poderosas armas a quienes piensan que una teoría científica es sólo un esquema, tornando insostenible por lo menos una teoría, tomada antes como un credo. Un esquema sugiere siempre la guía para un plan de acción y, de las varias interpretaciones de la ciencia que existen hoy, aquellas que recalcan la naturaleza dinámica de la ciencia me parecen las más útiles. Hay filósofos, según compruebo, que trazan una línea divisoria entre saber y hacer y ven con desprecio a cualquier razonamiento filosófico que una la búsqueda de la verdad a procedimientos prácticos. Para mí, por lo menos, todo análisis que se intente para comprobar una afirmación hecha en el campo científico, lleva inmediatamente a una serie de acciones. Por lo tanto, me aventuro a definir a la ciencia como una serie de conceptos interelacionados y de esquemas conceptuales que se originan en la experimentación y la observación y que da como frutos mayores experimentos y observaciones. La validez de una teoría científica, me parece, se aprecia en sus frutos, o según las palabras de J. J. Thomson, se aprecia en su capacidad "de sugerir, estimular y dirigir experimentos".

La falacia fundamental, que algunos llamarían la

errónea concepción sobre la naturaleza de la investigación científica del siglo dieciocho y del diecinueve, parece basarse en una errónea analogía. Aquellos que decían estar investigando la estructura del universo, se imaginaban a sí mismos como los émulos de primitivos exploradores y diseñadores de mapas. Los exploradores de los siglos quince y dieciséis abrieron nuevos mundos con la ayuda de mapas imperfectos; en sus informes sobre tierras lejanas hubo mucho de ambiguo y algo de falso. Pero cuando todos se convencieron de que el mundo es redondo, los mapas de lejanos continentes comenzaron a adquirir una conformación bastante consistente. Allá por el siglo diecisiete los métodos usados para la medición del espacio y del tiempo, habían sentado las bases para una geografía fiel. El éxito creciente de la aplicación de procedimientos empíricos para mejorar el trabajo de artesanía ya había llegado a perfeccionar las facultades de observación de los hombres. Por consiguiente, a través de una serie de aproximaciones, por así decirlo, los mapas y las descripciones de las tierras lejanas se estaban acercando cada vez más a la realidad. ¿Por qué no seguían el mismo camino los resultados de los que trabajaban en los laboratorios? Nadie dudaba de que existieran verdaderos ríos, montañas, árboles, bahías con sus mareas, lluvia, nieve, bancos de hielo; se podía dudar, por supuesto, de un determinado mapa o descripción, pero, con tiempo y paciencia, se sabía que sería posible comprobar la verdad. Del mismo modo debía existir una verdad respecto de la naturaleza de la luz, del calor, de la materia.

Indudablemente los geógrafos observaban objetos grandes, tales como los árboles y las rocas, los ríos y las montañas; mientras que, a medida que la ciencia

progresaba, los físicos debían enfrentarse con la fuerza de gravedad, con los átomos y con las ondas del éter. Sin embargo, había ideas tentadoras que jugaban un papel similar en ambos procedimientos; las hipótesis de trabajo respecto a la conformación del cauce de un río, a las fuentes de un lago, a la altura de una montaña, parecían semejantes a la teoría de la energía calórica, o a la primitiva teoría corpuscular de la luz. Los métodos de identificación de los primeros geógrafos eran esencialmente los dictados por el sentido común. Cualquier conjunto de observaciones puede resultar erróneo; sin embargo, aun las suposiciones erróneas pueden, a veces, servir a un fin útil. La suposición de la existencia de un lago por detrás de determinada montaña puede resultar cierta; pero como "hipótesis de trabajo", aunque sea falsa, puede conducir al explorador a importantes descubrimientos.

Por supuesto, la posibilidad de error existe en toda investigación. En efecto. podemos imaginar una situación en la geografía en la que resulte imposible efectuar una comprobación irrefutable. Imagínense una isla rodeada de arrecifes que impiden el acceso a la misma, excepto mediante un equipo especial; e imagínense al explorador que no cuenta con tal equipo. En ese caso, deberá limitarse a observarla a través del telescopio, desde distintos ángulos; de este modo, podrá diseñar un mapa, pero con muchas incógnitas. Por ejemplo, aquella área intensamente coloreada, ¿se debe a la presencia de rocas o de vegetación? Cuando regrese al lugar con el equipo adecuado, el explorador podrá aterrizar y comprobar directamente la naturaleza de aquella área. Si antes de que él retorne, la isla desaparece bajo la superficie del océano, la validez de sus métodos no varía. Todos sabemos que, en prin-

cipio, él podría haber vuelto para determinar directamente la exactitud de sus suposiciones sobre las características del terreno.

El uso del argumento "en principio", como ya dije, fué la base de la confianza del físico del siglo diecinueve en su imagen de un gas con sus partículas en rápido movimiento. Los que actualmente siguen sosteniendo que el universo responde a una estructura que, como la geografía de una isla, puede descubrirse mediante una serie de aproximaciones, deben aferrarse al argumento del "en principio". Hábleles de la teoría flogística, del flúido calórico, del éter luminífero —todas teorías arcaicas actualmente (excepto para fines pedagógicos) y les dirán: "Sí, los primitivos mapas eran imperfectos, pero en principio es posible descubrir la verdadera estructura del universo".

Sobre este problema no existe acuerdo completo entre los filósofos de la ciencia de nuestros días. Cada uno de ustedes puede elegir su teoría preferida, y hallar sostenedores altamente distinguidos para el punto de vista que ustedes prefieran. Sin embargo, ante la revolución ocurrida en el campo de la física, el que sostenga actualmente que la ciencia es una exploración del universo, deberá hallarse preparado para presentar abundantes pruebas. En mi opinión, la analogía entre el que fabrica un mapa y el científico es falsa. Una teoría científica no es ni siquiera la primera aproximación de un mapa; no es un credo; es un esquema —una guía económica y provechosa hacia la acción, de los investigadores científicos.

Pero, ya que no deseo que mi escepticismo altere indebidamente el cuadro, permítaseme demostrar cuán poco han variado algunos de los más antiguos conceptos de la física y de la química, con el advenimiento de la física moderna.

Muchas personas se molestan por las dificultades que surgen si aceptamos la analogía con el fabricante de mapas. El hecho de que dos esquemas conceptuales sean tan distintos como la formulación ondular de las leyes que gobiernan la transmisión de la luz, por un lado, y la teoría corpuscular de la emisión de la luz, por el otro, desconcierta a los que consideran las ciencias físicas como explicaciones cada vez más fieles de cómo está "constituída, en verdad" la materia. Parecería que el físico moderno fuera un explorador que, viendo vagamente a lo lejos unas zonas coloreadas, y dudoso de que ellas se deban a rocas o a vegetación, aterrice en la isla para descubrir que en realidad se trataba de ambas formaciones. Pero se trata de un paralelo falso; sería mejor decir que el físico parece hallarse en la posición del explorador que nunca podrá desembarcar en la lejana isla. En pocas palabras toda esta analogía entre un mapa y una teoría científica carece de fundamentos.

A esta altura, debemos considerar brevemente una objeción al punto de vista que mantengo en estas conferencias. Consiste en lo siguiente: si una teoría científica no es ni siquiera una aproximación al mapa de una porción del universo, la así llamada ciencia pura no es nada más que un juego; de lo que se inferiría, concluyendo la objeción, que la justificación de la ciencia debemos buscarla únicamente en la aplicación de la ciencia a los fines prácticos. La respuesta para aquellos que proponen argumentos de este tipo consiste en recordarles los trabajos realizados por matemáticos, pintores, poetas, y compositores de música. Para mí, la trascendencia de la enorme planta productora de teorías científicas establecida desde hace trescientos cincuenta años, es semejante a la trascendencia del arte de los grandes períodos de la historia

o a la trascendencia de la producción de los eminentes compositores de música. Para muchos científicos creo que la justificación de su trabajo es sólo el placer de la creación; el espíritu que los mueve se asemeja mucho a la visión imaginativa que inspira al artista. En cierto grado casi todos los hombres aplauden hoy el éxito alcanzado en el pasado en el campo del trabajo creativo y no miden el grado de éxito en unidades de orden material. Asimismo, en tiempos futuros, el avance de la ciencia producido desde 1600 hasta 1950 podrá interpretarse completamente como un triunfo del espíritu de creación, una de las manifestaciones de la vasta capacidad potencial de hombres y mujeres que nos hacen sentir orgullosos de ser miembros del género humano.

Una segunda objeción al escepticismo de aquellos que con nosotros entienden que toda teoría científica es la formulación de un modo de hacer, consiste en que nuestro punto de vista es sólo un transitorio fenómeno social. Uno debe admitir que quizá los niños que ahora cursan la escuela elemental piensen, en su madurez, que un cuadro del universo que no parezca un cuadro, sea un modelo completamente satisfactorio. Pero recordemos que pasaron generaciones hasta que la gente se acostumbró al concepto de una fuerza de gravedad, actuando a distancia, sin ningún medio que transmitiera esta fuerza. Seguramente que en el año 2052 la relatividad y la mecánica cuántica ocuparán una posición diferente en la ciencia de esos días, comparado con el que ocupan actualmente. Cuando estas ideas nuevas hayan sido asimiladas por la cultura de la época, entonces podrá nuevamente asentarse en las mentes de los hombres la idea de la ciencia como una incursión a la estructura del universo.

Mi imagen del futuro, sin embargo, es completa-

mente opuesta. Me parece más factible que el ciudadano medio del futuro pensará sobre la ciencia con términos completamente distintos a los que se utilizaban hace cincuenta años para explicar la ciencia a auditorios legos. Si tengo razón, y para poder asimilar la ciencia a la cultura de la altamente industrializada sociedad del siglo veinte, debemos entender a las teorías científicas como guías para la acción humana y en consecuencia como un modo de extensión del sentido común. De todos modos, éste es el punto de vista expuesto en estas conferencias. Algunas de las consecuencias de este panorama, que atañen a los que tienen relación con la ciencia y la conducta humana, los exploraremos en mis próximas dos conferencias.

LA CIENCIA Y LA CONDUCTA HUMANA

En las dos conferencias anteriores de esta serie, he pasado revista a algunos aspectos de la historia de la ciencia y de la tecnología de este siglo. En estas conferencias tengo el propósito de explorar ciertas consecuencias de la revolución ocurrida en la física, pero en cuanto a su efecto sobre la conducta humana. Pero diré claramente desde el comienzo que no intento enfocar la ciencia de la conducta humana (si es que existe esa ciencia) o la ciencia del comportamiento humano. No será ésta en ningún sentido una revisión de los recientes avances de la psicología o la sociología. No solamente estarían tales intentos completamente fuera de mi capacidad y de mi ambición sino que no serían útiles para dirigir la atención hacia los problemas que he expuesto en mis otras dos conferencias.

En mi primera conferencia hablé del asombroso fenómeno social de nuestro tiempo: el científico convertido en inventor. En la segunda examiné brevemente la así llamada revolución de la física, la que, para muchos, ha traído dudas sobre la realidad de lo que los científicos decían estar haciendo. Hace cin-

cuenta o setenta y cinco años atrás, se pensaba que los científicos descubrían las leyes de la naturaleza; el inventor sacaba ventaja de estos descubrimientos para aplicarlos con fines prácticos. El inventor a la moda antigua ha desaparecido; las suposiciones básicas de aquellos que una vez popularizaron la ciencia han sido rebatidas. Me propongo entonces durante el transcurso de esta y de la próxima conferencia, ver cuál es, y si existe, alguna influencia de esta nueva interpretación de la ciencia en la filosofía de la vida que guía las decisiones cotidianas de los hombres y mujeres que piensan.

Hay dos falacias muy comunes sobre la naturaleza de la ciencia: una tiende a comparar al científico con un mago; la otra lo confunde con un matemático. El origen de la segunda de estas dos concepciones erróneas es la franca dicotomía existente entre el mundo de la ciencia y el de los valores. Las propias experiencias escolares pasadas con los teoremas de Euclides y con el Q. E. D. * vienen a la mente cuando se usan los términos "ciencia" y "verdad" en una misma oración. Conforme a la concepción filosófica que presento en estas conferencias, la verdad de las proposiciones de la geometría es inherente a sus premisas; tal razonamiento matemático o abstracto es, en cierto sentido, vastamente tautológico. Pero, me apresuro a agregar que esta tautología es de enorme valor para el científico, porque los teoremas y las operaciones realizadas en este descorazonador universo abstracto pueden referirse, con cierta aproximación, al mundo de los experimentos del científico que trabaja en física.

La demostración de teoremas matemáticos, la repetición de aquellos experimentos cuya interpretación

* quod erat demonstrandum. (*N. del T.*)

es ya de común aceptación, los cálculos realizados en aquellos campos en los que es bajo el nivel de empirismo [1], nos parece que son, todas ellas, actividades algo distintas de las que implican ya sea la negociación de un tratado entre dos naciones o un contrato entre dos firmas o el consuelo de un amigo en el dolor. El primer grupo, es la ciencia, se dice comúnmente; el segundo, la conducta humana, incluyendo los principios éticos y morales, los ideales y todas las cosas del espíritu. Pero tales afirmaciones, yo creo que son esencialmente erróneas. Las actividades que he enumerado no son ciencia; son, ya sea ejercicios de lógica, o la repetición de actividades que alguna vez tuvieron una trascendencia en la ciencia, o sino operaciones mentales eminentemente triviales y cansadoras realizadas con fines prácticos enteramente equivalentes a contar un cambio. La ciencia es una labor emprendida para disminuir el grado de empirismo existente en la resolución de los problemas; o si se prefiere la ciencia es el proceso de fabricación de una malla de conceptos interconexos y de esquemas conceptuales que se originan en experimentos y en la observación y que es fructífera en cuanto a originar mayor número de experimentos y observaciones.

Como he intentado demostrar en la precedente conferencia, la ciencia es una actividad; muchos de los resultados de esta actividad se han visto entremezclados con las ideas nacidas del sentido común. Los conceptos científicos son a tal punto una parte del bagaje cultural de hombres y mujeres, que los utilizamos tanto en forma conciente como inconciente al tomar decisiones que llamamos éticas o morales. Las actividades desarrolladas por los científicos en sus laboratorios

[1] Para la definición de esta expresión, ver pág. 26.

están entrelazadas con los juicios de valor. Tal es por lo menos la doble tesis que defiendo ahora.

Los conceptos de los científicos y sus esquemas conceptuales (tal como el de la bomba atómica) pueden interpretarse como elementos que sirven a los investigadores en su trabajo, del mismo modo que "el sentido común", sirve para la mayor parte de la gente en la rutina del vivir. La mezcla de preceptos y conceptos implicados en los más simples actos de la vida diaria, se convierten en nosotros en hábito tan pronto como que desafían al análisis de sus orígenes. Estas respuestas habituales solas, nos permiten seguir viviendo. En la época en que somos capaces de pensar y manejarnos en el mundo, tenemos una enormidad de conceptos (ideas nacidas del sentido común) siempre a mano. Nos han llegado en gran parte a través de la prueba y el error, en parte por experiencias que pueden agruparse y que denominamos de la misma manera que lo hacen otras personas. En una situación inmediata, muchos de estos conceptos entran en juego como cosa corriente, como guías para la acción. Sólo los filósofos intentan analizar su origen y se preguntan sobre su validez y su verificabilidad. La uniformidad de la naturaleza es una de estas ideas del sentido común. El escepticismo sobre tales ideas no tiene lugar en la vida diaria. El carnicero, y el panadero, y el candelero podrán no tener razones válidas para creer que el mundo en que actúan tiene una uniformidad, pero están seguros de que pueden trozar sus reses, hornear su pan o fabricar sus velas el día de mañana con los mismos principios que han empleado toda la vida.

El mundo del sentido común, tiene sólo una uniformidad parcial. Hay campos de experiencia en los que sabemos que la incertidumbre es la certidumbre: el

tiempo atmosférico es un ejemplo obvio y que puede contratarse con la regularidad del día y la noche. Para poder operar en un mundo de parcial uniformidad, necesitamos evidentemente reglas de experiencia. Y la invención de tales reglas y de ideas abstractas relacionadas con tales reglas ha sido de la mayor importancia en el avance de la civilización. Mucho antes de que surgiera la idea del número, el hombre primitivo había desarrollado el esquema de un mundo tridimensional. Había objetos sólidos que podían verse, sentirse y golpearse; había sombras que podían verse pero no sentirse o golpearse. Para enlazar todas las reglas empíricas sobre la naturaleza, el pensamiento especulativo desarrolló conceptos tales como los que implica el animismo y la mitología. Desde el punto de vista que estoy presentando el problema, estas ideas deben considerarse como los primitivos prototipos de los mucho más sofisticados principios aristotélicos y teorías científicas, táles como las del flúido calórico y la del éter luminífero.

Como guías de la conducta humana, el sentido común y los conceptos científicos están relacionados en tal grado actualmente, que nadie puede decir dónde comienza uno y dónde terminan los otros. Esto es tan evidente en lo que respecta a toda la maquinaria que rodea a un hombre moderno, que no necesita más comentario. Pero es igualmente cierto con respecto a hábitos que son mucho más primitivos que la aplicación de medidas convenientes, desconocidas para el mundo antiguo. Consideremos nuestros hábitos dietéticos y sanitarios. Examinen su propia conducta por un día o dos y traten de anotar cuántas decisiones, hechas por lo menos semi-inconcientemente, están determinadas por los descubrimientos científicos realizados en los últimos cien años. Habrá muchos casos

situados en el límite que ilustran lo que quiero señalar. Y la certeza de la decisión no estará determinada en modo alguno por su relación con la ciencia moderna.

En este último punto quisiera detenerme un momento, pues ilustra un asunto que creo es de gran importancia. Nuestra conducta en cuanto a comer, está ligada a complejos emocionales profundamente situados, mucho más que las teorías científicas. Hay individuos robustos a quienes se les ha estimulado una sensación de náusea al decirles que habían comido un alimento que estaba fuera de sus hábitos alimenticios. El guía indio de un amigo mío se vió afectado de este modo cuando vió que sus sofisticados compañeros se pusieron a cenar patas de rana. Esto es un comportamiento primitivo, podría decirse, pero aún el más altamente civilizado de nosotros requiere un largo proceso de educación para sobreponerse a tales respuestas inconcientes. Hasta qué grado una larga experiencia con esquemas conceptuales de la ciencia moderna trae como consecuencia el mismo y profundo apego a estos esquemas, tal como el que demostrara el guía indio por sus creencias, no lo sé. Quizá un bacteriólogo vomite automáticamente si se convence de que ha tragado una cantidad de bacterias mortíferas; pero lo dudo. Más bien creo que pediría un lavado gástrico. Todo esto parecerá trivial a algunos de ustedes, pero creo que es importante reconocer que existe una distinción entre los diferentes grados de apego a esquemas conceptuales. Sería fructífera la exploración de este campo por psicólogos y psiquiatras. Hablando claramente, éste es el campo en que caen los fenómenos investigados por los que estudian la medicina psicosomática.

Volveré sobre esta cuestión del grado de apego o

convicción aplicada a las decisiones de orden ético y a las creencias religiosas en mi próxima y última conferencia.

Hoy quiero limitar mi atención a esa clase de decisiones que afectando la conducta humana, parecen estar completa y seguramente sopesadas, y en las que no influyen las reacciones emocionales situadas en la profundidad del espíritu, es decir las decisiones racionales. Éstas pueden incluir desde la determinación de comprar una gasolina de mejor calidad en vez de una más barata, hasta tomar la decisión de firmar un petitorio para proscribir la bomba atómica. O si no, si usted ocupa una posición de responsabilidad en los negocios de este altamente industrializado mundo, tendrá que votar por sí o no a la propuesta de un empréstito para construir una planta piloto destinada a la fabricación de un nuevo producto o una nueva máquina.

Existe una falacia muy común consistente en creer que si uno maneja asuntos científicos o técnicos los juicios de valor están completamente excluídos. Los hechos hablan por sí mismos en ciencia, nos dicen. Cualquiera que esté familiarizado con el curso de investigaciones científicas sabe que esto es una tontería. Lo que sí es cierto es que el área de debate es definida y circunscripta. Quien proponga un proceso para la obtención de un nuevo material plástico, por ejemplo, difícilmente citará a Platón o Aristóteles para apoyar su propuesta. Ni tampoco apelará a las doctrinas establecidas en la Declaración de la Independencia o las decisiones de la Corte Suprema. Pero esto no quiere decir que lo propuesto no admita controversias. Quiero decir simplemente que el número de personas capacitadas para entrar en controversia es extremadamente limitado. Y este hecho está pre-

ñado de problemas para nuestra sociedad libre. Efectivamente, entre los resultados tan significativos, pero peligrosos, nacidos del desarrollo de la ciencia se encuentra el hecho de que el especialista científico ocupa hoy una posición peculiarmente elevada y de aislamiento. Por supuesto, ésta es una época de expertos de todo tipo; uno de los problemas vitales de la educación es comenzar a inculcar a nuestros jóvenes, ideas que conduzcan a que un grupo de expertos comprenda mejor lo que hace otro grupo de expertos. Pero no puedo detenerme ahora en una digresión sobre este tópico relativo a la educación en general.

La noción de que un científico es un individuo frío, imparcial, aislado, es, por supuesto, absurda. La vehemencia de la convicción, el orgullo de la autoridad, ebullen tan fieramente entre los científicos como entre cualquier clase de trabajadores que crean. Efectivamente, si no fuera así, no avanzaría la ciencia. Pero este apego emotivo al propio punto de vista es particularmente insidioso en la ciencia, porque le resulta muy fácil a quien propone un proyecto ocultar sus propias convicciones tras el lenguaje técnico. Por lo tanto es necesario explorar las formas y medios de balancear la propia parcialidad de los expertos cuando sus opiniones son de capital importancia en las decisiones a tomar.

Primeramente, se impone un saludable escepticismo al escuchar a un experto, particularmente si es entusiasta. El paso siguiente es tratar de encontrar una persona de equivalente capacidad técnica pero con puntos de vista opuestos. Si no se encuentra una persona tal, se solicitará a cualquier individuo competente que esté completamente alejado del proyecto en cuestión que oficie de "abogado del diablo", como si lo fuera. Debe pedírsele que se dedique a preparar

el caso de modo que resulte una razonable oposición a lo que se ha propuesto. Tales procedimientos destinados a balancear la parcialidad de los técnicos, particularmente los científicos convertidos en inventores, ha surgido casi sin un plan previo, en las exitosas industrias de este país. Pero métodos similares de operar, no han evolucionado así en otros campos; brillan por su ausencia en el Gobierno de los Estados Unidos. Especialmente allí se necesitan, pues, como señalé en mi primera conferencia, el gobierno ha penetrado en la investigación en una escala realmente grande. Es inevitable que en cualquier empresa de orden técnico el conservadorismo deba enfrentar continuamente al entusiasmo. De este modo, se desatan emociones y la fortunas particulares se ven enredadas con consideraciones de orden tecnológico.

En 1940, los que estábamos en Wáshington como civiles, nos hallábamos especialmente preocupados por el conservadorismo tecnológico de los hombres de uniforme. No contaré ninguna anécdota para probar el punto. El conflicto entre los profesores y la "milicia" * es bien conocido. La mayoría de las versiones hacen menos que justicia a los militares y dan demasiado crédito a los profesores. Sea como sea, lo que yo quiero hacer resaltar no es el conservadorismo tecnológico de los hombres de uniforme de 1940, sino el casi fanático entusiasmo por la investigación y el adelanto de sus sucesores de 1952. Es un fenómeno no distinto a aquel de una anticuada conversión religiosa. El Departamento de Defensa, en cuanto a investigación no es distinto al hombre que saltó sobre su caballo y cabalgó locamente en todas direcciones.

* En el original: "brass", término del caló inglés que significa oficial o general. (*N. de T.*)

No es éste el momento ni el lugar para exponer en detalle mi remedio para lo que muchos ven como una mala situación. Me contentaré con decir que creo que si en el Departamento de Defensa se introdujera gradualmente un sistema quasi-judicial de revisión, que ofreciera forzada oposición a los proyectos nuevos, el dinero de quienes pagan los impuestos se gastaría más sabiamente. Cuando debe resolverse una cuestión, uno o dos jueces podrían oír los argumentos en pro y en contra. El punto importante es que habría argumentos *en contra* de lo propuesto; deberán ser vigorosos pero cándidos; un técnico experto debería hablar defendiendo la parte de los que pagan los impuestos, en contra de cada proyecto de envergadura. Entonces podrían prepararse alegatos adecuados de ambas partes (sin comprometer al comité resolutivo). Con alegatos, argumentos, e intercambio de preguntas, se traerían a luz muchos prejuicios de los testigos y muchas facetas del problema. Una firme oposición es el punto importante.

Podrá haber algunos que piensan que mi actitud hacia la ciencia es derrotista, que en vez de sugerir cómo deben contrarrestarse las reacciones emocionales de los científicos cuando éstos dan consejos sobre trabajos futuros yo debería exigir que los científicos actúen como científicos y eliminen sus prejuicios. Por ejemplo un científico sociólogo, al contestar afirmativamente a la pregunta "¿Puede salvarnos la ciencia?", escribió lo siguiente:

"La ciencia, es un método, es una forma de comportamiento humano. Consiste en preguntar claramente, preguntas pasibles de respuesta, con el objeto de dirigir la propia observación, las que se hacen en modo calmo y desprejuiciado y que luego se informan de

la manera más precisa que sea posible y en forma tal de responder las preguntas que se hicieron al principio; luego de lo cual cualquier creencia pertinente o cualquier suposición sostenida antes de las observaciones se revisa nuevamente a la luz de las observaciones realizadas y de las respuestas obtenidas". Todo lo cual es una típica descripción de lo que a menudo se denomina comportamiento científico. Pero me aventuro a sugerir que no es una descripción del modo característico en que han avanzado las ciencias naturales; es más bien una descripción del uso de hipótesis de trabajo muy limitadas, iguales a aquellas empleadas en la vida cotidiana.

Para ilustrar lo que quiero indicar con el término hipótesis de trabajo, tendré que volver por un momento a lo que he dicho en mi primera conferencia sobre el desarrollo de la ciencia moderna. Sugiero que la actividad que denominamos investigación científica se compone de procedimientos empíricos por los que el hombre ha perfeccionado las artes prácticas desde los albores de la civilización, ideas especulativas generales y razonamiento matemático o abstracto. La ciencia progresó rápidamente en los siglos dieciséis y diecisiete cuando los hombres descubrieron el modo de correlacionar estas tres actividades. Cuando se aplicaron, las ideas especulativas se convirtieron en hipótesis de trabajo; un esquema conceptual tal como "la tierra está rodeada por un mar de aire" pudo comprobarse experimentalmente sólo por estar relacionado con manipulaciones reales y una serie de limitadas hipótesis de trabajo. Éstos, pertenecen al tipo "si doy vuelta a esta llave, entonces ocurrirá tal y cual cosa". La relación en gran escala de la proposición específica "si, entonces" que admite su comprobación, con

la validez de las hipótesis de trabajo, sólo puede realizarse por medio de una larga cadena de razonamientos.

Para ilustrar la relación entre las hipótesis de trabajo limitadas y aquellos esquemas conceptuales que han sido fundamentales para el desarrollo de la ciencia, analizaremos un ejemplo basado en el sentido común y dirigido a un fin práctico inmediato. Supongamos que uno se encuentra ante una puerta cerrada y un manojo de llaves; inmediatamente acude a la mente la hipótesis de que una de esas llaves puede abrir la cerradura. Ésta es una hipótesis de trabajo. A partir de ella, uno puede deducir varias consecuencias que podrán comprobarse por medio de métodos apropiados. El más evidente es introducir cada una de las llaves por vez en la cerradura y ver si una de ellas, efectivamente, abre la puerta. Esto implica una serie de experimentos que requieren cierto orden, pues debe tenerse cuidado en probar 'cada' llave; asimismo las llaves a probar deben ser efectivamente las originales (¡dejar las llaves por un momento y probarlas luego exigiría presumir que nadie ha hecho una sustitución!). Entonces parecen incluirse una serie de hipótesis de trabajo limitadas: (1) una de las llaves de este manojo abrirá la puerta; (2) esta llave en particular es la que abrirá la puerta; (3) si esta llave en particular abrirá la puerta cuando la inserto en la cerradura y le doy la vuelta, entonces saltará la cerradura. Esta última proposición "si, entonces" puede ponerse a prueba y ofrecer una respuesta afirmativa o negativa. Según el resultado obtenido, se probará con la próxima llave. Tales proposiciones "si, entonces" son hipótesis de trabajo altamente limitadas, exactamente iguales al tipo utilizado en el transcurso de las ciencias experimentales.

Para ilustrar lo que quiero decirles, permítanme ofrecerles un simple ejemplo tomado de la historia de la ciencia. En el siglo diecisiete Pascal puso a prueba la idea de que la tierra estaba rodeada por un mar de aire que ejercía presión. Se propuso hacerlo por medio de la observación de la altura de la columna de mercurio de un barómetro (usando términos modernos). Su cuñado ascendió al Puy de Dome con este objeto y depositó un tubo de Torricelli (un barómetro) en la cumbre y midió la altura de la columna de mercurio. El experimento confirmó la predicción de Pascal, basada en la nueva teoría, de que la columna sería apreciablemente menor que la observada en el barómetro en la base de la montaña. Obsérvese que la magna hipótesis que decía que la tierra está rodeada de un mar de aire no podía comprobarse directamente. La limitada hipótesis de trabajo que se comprobó fué esencialmente "Si yo pongo el barómetro aquí en la cumbre, y mido la altura de la columna de mercurio, será menor que la observada en la base de la montaña". La conexión entre la verificación o la negación de esta limitada hipótesis y la otra hipótesis más amplia, es decir que la tierra está rodeada por un mar de aire, implica muchos pasos y muchas suposiciones.

Para ilustrar aún mejor la larga cadena de razonamientos que implica la ciencia volvamos al caso trivial mencionado anteriormente. Aquí la restringida hipótesis de trabajo estaba conectada con otra más amplia aunque también limitada hipótesis de trabajo, que decía "una de estas llaves abrirá la puerta". Esta anterior es la hipótesis de trabajo que, a primera vista, vemos que se está poniendo a prueba. Pero para conectar la observación, e. dar vuelta la mano, observar la cerradura, y la hipótesis de trabajo que se pone

a prueba, son necesarios una cadena de razonamientos, así como conceptos y suposiciones del sentido común. Para mencionar sólo unos pocos de estos últimos recordaré que las palabras "llave", "cerradura", "dar vuelta" y "saltar la cerradura" no tendrían sentido en muchas culturas. Pero aún más importantes son las suposiciones basadas en el sentido común, tales como que la capacidad de la llave para abrir la cerradura no sufrirá ningún cambio durante el período en que realizamos la pesquisa, y que cada llave será la "misma" llave y que la cerradura también será la "misma". (La primera suposición podría falsearse fácilmente y la segunda podría verse invalidada por la acción de algún entremetido). La equivalencia entre estas suposiciones y conceptos y el caso de un experimento científico no es nada trivial. Gran número de errores nacen de no examinar críticamente tales suposiciones. O más a menudo, los "errores", como ahora los llamamos, provienen del hecho de que las suposiciones que *deben hacerse para poder seguir adelante* se convierten sólo en gruesas aproximaciones.

Este último punto tiene importancia, dada la atención que se presta actualmente al análisis de los métodos utilizados en física. Se ha recalcado la necesidad de definir, en términos de manipulaciones reales en lo posible, los conceptos usados en física, tales como "longitud" y "simultaneidad". Algunos autores han expresado que la imposibilidad de realizar razonamientos tan rigurosos en el pasado, ha retardado el adelanto de la física. Éste sería el caso. Pero si uno examina la historia de la química o la biología, comprueba que no son posibles las definiciones concisas del método operativo en la infancia de la ciencia. Más bien los primeros investigadores de estos campos deben comenzar por lo general con nociones basadas

en el sentido común, las que suelen ser informes e inciertas. Sólo por el deseo de trabajar con estas "ideas nebulosas" y por remitirlas a limitadas hipótesis de trabajo y luego a experimentos y a observaciones, es como han triunfado los pioneros.

Tomemos por ejemplo los estudios de Pasteur sobre la fermentación. He aquí una palabra "fermentación" utilizada para describir un grupo de procesos cotidianos que durante épocas los hombres aprendieron a controlar empíricamente. No era posible dar en los tiempos de Pasteur una definición concisa de la "fermentación", que aún hoy sería difícil de encontrar. La transformación del azúcar en alcohol caía en esta categoría de fenómenos habiéndose observado que se relacionaba con la presencia de cierto microorganismo, la levadura. Otra transformación, la del almidón en azúcar, se relacionaba con algo hallado en el germen de la cebada que podía extraerse con agua caliente. Pasteur planteó como hipótesis de trabajo de gran envergadura el concepto de que la fermentación era el resultado del crecimiento de organismos vivos. Para excluir el caso de la transformación del almidón en azúcar donde evidentemente no había ningún organismo vivo, él limitó su afirmación con la frase: "fermentación propiamente dicha". Entonces encontró que podía demostrar el necesario crecimiento de microorganismos en muchas transformaciones que hasta entonces se clasificaban como fermentaciones, y que entonces se convirtieron en "fermentaciones propiamente dichas".

Pasteur estaba cerca de caer en un círculo vicioso. Esto es particularmente claro hoy que sabemos que tanto las "fermentaciones propiamente dichas" como otros cambios similares y en los que no existen microorganismos se producen por la presencia de enzimas.

En realidad sería mejor denominar argumento en espiral al utilizado por Pasteur ya que fué ciertamente fructífero. Era completamente ilógico para él definir la fermentación, tanto como excluir los casos conocidos en que los organismos vivos no estaban presentes y luego volver atrás y señalar con orgullo los ejemplos en que la fermentación y la vida se relacionaban. Pero su concepto, como plan, como guía de acción fué un éxito; efectivamente, si Pasteur hubiera sido más riguroso en su lógica, sus resultados podrían haber sido menos revolucionarios. A menos que me equivoque, el uso exitoso de conceptos indefinidos en biología, bioquímica y por sobre todo en medicina tiene profundo significado para aquellos relacionados con la conducta humana. John Tyndall, reviendo la aplicación de los descubrimientos de Pasteur al arte cervecero contraponía "la importancia científica de los agentes que entran en juego en la manufactura de la cerveza" con las hasta entonces "observaciones empíricas" de los cerveceros. Las hipótesis de trabajo de gran envergadura de Pasteur (es decir que la fermentación y la vida eran correlativas) fué el primer gran paso para disminuir el grado de empirismo de las industrias de la fermentación. Pero no debemos olvidar hasta qué punto el puro empirismo perfeccionó a través de las épocas la manufactura de la cerveza y el vino, ni tampoco la vasta cantidad de conocimientos empíricos así acumulados.

Substituyamos la palabra fermentación por "fiebre tifoidea" o "sífilis" o "neumonía" y podremos trazar un camino similar del progreso en la reducción del margen de empirismo. Nos encontraríamos ante la misma dificultad para definir los conceptos básicos (¿qué es una enfermedad, en términos operativos?) pero notaríamos mucho menos éxito, a través de las

épocas, en resolver el problema por medio del empirismo puro. Efectivamente, dado que aquí nos encontramos con vidas humanas, y no con arruinados toneles de jugo en fermentación, los errores del empirismo puro parecen enormes en la historia de las ciencias médicas. Podemos reírnos ante cualquier superstición de los bodegueros de los tiempos primitivos, pero enmudecemos cuando pensamos en las innecesarias muertes producidas por "sangrías" y procedimientos médicos similares hoy descartados. Los procedimientos empíricos basados en la prueba y el error son lentos y retardan aunque estén bien ordenados; por ellos han progresado gradualmente las artes, pero seguramente el arte de la medicina en el proceso de su desarrollo acortó la vida de un considerable número de aquellos que podían consultar a un médico. Así, es probable que sólo en este siglo los médicos y cirujanos hayan ayudado a más personas de las que lesionaron —o, podríamos decir curado a más de las que mataron.

El paralelo con las ciencias sociales creo que es digno de considerarse. Todas las ciencias que se ocupan del ser humano, desde las abstracciones de la economía, a través de la sociología hasta la antropología y la psicología, son la manifestación del esfuerzo por disminuir el margen de empirismo en ciertos campos del conocimiento; en parte son esfuerzos para organizar y sistematizar procedimientos empíricos. Si en cada una de estas divisiones o subdivisiones ya ha llegado o aún no lo ha hecho un Pasteur, no puedo decirlo yo. Pero si así ha ocurrido, su contribución ha sido la introducción de amplios y nuevos conceptos, algunas hipótesis de trabajo de gran envergadura que han sido fructíferas luego de mayores investigaciones. Parecería importante distinguir en la

posible los adelantos debidos a tales hipótesis de trabajo de carácter amplio, que son la esencia de la ciencia y el continuo esfuerzo por mejorar la sociedad humana por medio de los procedimientos de orden empírico. En cuanto a estos últimos podemos estar seguros de que se gastó gran cantidad de energía en ellos en los últimos años.

Muchos científicos sociólogos, supongo, no disentirán del todo con la opinión de que todo su campo de investigaciones se halla en un estado comparable al que se hallaban las ciencias biológicas (incluyendo a la medicina) hace cien o ciento cincuenta años. Siendo así, el balance que arroje la labor de este siglo deberá indicar adelantos enormes; pero dada la naturaleza misma de la ciencia (en comparación con el empirismo) es imposible predecir hacia qué dirección en especial se hará el adelanto. ¿Cuál de las nebulosas ideas del sentido común sobre la conciencia, el amor, o la ambición de poder será recogida por un raro genio constituyendo así las bases para un vasto desarrollo de trabajo científico fructífero? Quizá alguno de ustedes dirá que soy indebidamente cauto; que ya los pioneros han hecho su trabajo, que en una dirección Pavlov abrió nuevos panoramas sobre la conducta humana; y que en otra Freud ha tenido por lo menos tanto éxito como Pasteur.

Al tratar de apreciar el adelanto de las ciencias sociales como ciencias, estamos siempre ante la misma dificultad que tenemos con la medicina. Es difícil separar lo puramente empírico de lo científico; es imposible dejar de lado los resultados inmediatos y es difícil valorar los éxitos o fracasos de orden práctico. Para aquellos que tienden a disminuir las consecuencias prácticas del trabajo que realizan los psiquiatras, psicólogos y sociólogos les presento a su

consideración el caso del doctor Thomas Beddoes, de Bristol, Inglaterra. Un eminente médico de los primeros años del siglo diecinueve, entusiasta de los adelantos de la ciencia, fundó un instituto neumático, para el tratamiento de las enfermedades por medio de novedosos gases, descubiertos hacía poco. James Watt diseñó útiles aparatos para administrar los gases a los pacientes y un brillante joven, llamado Humphrey Davy, dió sus primeros pasos en la ciencia colaborando como químico. Afortunadamente no mataron a nadie; pero tampoco curaron a nadie. Pero el doctor Beddoes no era un charlatán. Piadosamente uno podría argüir que era un quimioterapeuta adelantado ciento cincuenta años a su época, pero que utilizaba drogas equivocadas.

En el Instituto Neumático del doctor Beddoes no adelantaron ni la medicina ni la ciencia médica. Pero el mismo espíritu que lo animaba se arraigó en innumerables miembros de su profesión; gradualmente primero y con admirable velocidad en este siglo, han adelantado las ciencias médicas, como ciencias. Retrospectivamente no tomamos en cuenta las honestas locuras de hombres como el doctor Beddoes ni los innumerables charlatanes que seguían las huellas de estos hombres. Así también, en todo el campo de acción de las ciencias sociales; me parece a mí que es probable que dentro de cien años los historiadores puedan separar la ciencia del empirismo y a ambas del charlatanismo de la década de 1950. Nosotros estamos demasiado sumergidos en el estado primitivo para poder hacer tal apreciación. Pero con toda seguridad los que desean el progreso, con letras mayúsculas, en las ciencias sociales y creen que puede lográrselo con un plan de ataque y con la exhortación, sacarán buen provecho

leyendo la historia de la medicina durante el siglo diecinueve.

Si hay alguna lección que aprender de la historia, seguramente consiste en que así como los adelantos de la ciencia no están nunca divorciados de los procesos empíricos, estos adelantos suelen producirse a partir de los más inesperados orígenes. El éxito en la disminución del nivel empírico se produce repentinamente sin saber uno a partir de qué. No mucho después que el doctor Beddoes hiciera su ataque a las enfermedades por medio de la nueva química, un físico francés, el barón Charles Cagniard de la Tour, demostraba que los glóbulos de levadura esenciales para la fabricación de la cerveza eran cuerpos organizados, pertenecientes al reino vegetal. ¿Quién hubiera adivinado que el físico francés, más que el doctor inglés, abría la ruta que conduciría al control de las enfermedades infecciosas? Los tantos en ciencia se obtienen generalmente con tiros tortuosos.

La consecuencia de lo que he dicho recién, para aquellos que quieren colaborar con las ciencias sociales es obvia: apoyar al investigador que tiene ideas, por más inaplicables que parezcan a problemas prácticos. Las artes prácticas, incluyendo el arte de las relaciones humanas son pasibles de progreso, aunque lento, por medio del método de la prueba y el error; la sociedad siempre está dispuesta a aceptar tales empresas. Aquí los éxitos no deben despreciarse, aunque sean empíricos; al igual de lo que ocurre en la metalurgia actualmente, como dije en mi primera conferencia, hay gran cantidad de empirismo mezclado con parte de ciencia, también en muchas de las ciencias sociales ocurre lo mismo. En este siglo hemos refinado el proceso de la experimentación por prueba y el error; hemos logrado sabiduría sobre los proce-

dimientos empíricos. Los datos de la industria lo demuestran más allá de ninguna duda, en lo que atañe a las ciencias naturales. Una simple revisión de lo que ha ocurrido en la pedagogía, en el manejo de ciertos tipos de psicologías anormales en algunas áreas restringidas de las economías y quizá en cierto tipo de relaciones humanas, nos mostrará el progreso y demostrará que podemos hoy resolver cierto tipo de problemas referentes a los seres humanos en forma mucho mejor que nuestros antepasados.

Continúa siendo grande la demanda de practicantes de estas especialidades; pero uno no debe olvidar que se buscaban ávidamente los servicios de los médicos aún cuando los miembros de esta profesión hacían más daño que bien. Uno no necesita ser un optimista Pollyanna para recordar que si se hubiera impedido por edicto la práctica de la medicina en el mundo de Occidente, la humanidad no hubiera podido nunca aprender a controlar las enfermedades infecciosas. Los errores de la práctica, así como los de la teoría parecen ser el inexcusable precio que debemos pagar al progreso logrado en aprender a resolver problemas.

Ahora, unas palabras finales en cuanto a la ciencia y la conducta humana. Literalmente, cada paso que damos en la vida está determinado por una serie de conceptos y esquemas conceptuales entrelazados. Cada una de las metas que nos proponemos para la acción, cada decisión que tomamos, sea trivial o momentánea, implica suposiciones sobre el universo y sobre los seres humanos. Para mí, cualquier intento de trazar una línea divisoria entre las ideas nacidas del sentido común y los conceptos científicos no es sólo imposible sino ilógica. El creer en todo el aparato de un mundo tridimensional y en la existencia de otras personas

es un requisito indispensable para que sobreviva un individuo; para un físico o un químico en su laboratorio una nueva hipótesis de trabajo es una guía que conduce su conducta tanto como sus experimentos. ¿Dónde trazaría uno la línea? Las ideas del sentido común de nuestros antepasados, antes de los albores de la ciencia moderna fueron los fundamentos de todos sus juicios de valor. Si los conceptos científicos son ahora parte de nuestras suposiciones del sentido común —y quién puede dudarlo— entonces, por lo menos en algún grado, las consecuencias de los medios realizados por los científicos que nos precedieron afectan ahora nuestros juicios de valor.

Esta íntima conexión entre la ciencia y la conducta humana me parece perfectamente cierta.

En su laboratorio, cada uno de los científicos decide siempre si éste es un método mejor que aquel otro. Cada experimento que planea, está acribillado, en su origen, por juicios de valor tales como si valdrá la pena, si el esfuerzo se verá compensado, incluyendo un juicio de valor más amplio que dice que el investigador debe quedarse en su laboratorio en vez de irse a pescar.

A esta altura alguno de ustedes podrá sentir la tentación de decir con impaciencia: "¡Durante toda una hora han sido ignoradas las guías principales de la conducta humana! Ni una palabra sobre ética, ni una mención de la moral, ninguna referencia a la religión". A esto yo respondería que el análisis de la relación de los valores con la ciencia y ambos con los relativamente triviales ejemplos de las decisiones humanas me parece un preludio necesario a la consideración de las Grandes Cuestiones de la naturaleza y del destino del hombre y del problema del bien y el mal. Hasta qué punto la ciencia moderna tiene algo

para decir al individuo que se pregunta sobre el sentido de la vida, sobre la definición de patrones morales, y sobre todo el mundo de los valores espirituales depende de determinadas proposiciones filosóficas. Estas proposiciones filosóficas, a su vez, reflejan la propia actitud de uno hacia la ciencia.

Volviendo a mi conferencia anterior, les recordaré que un concepto científico puede entenderse como un plan de acción, o como un credo. Si contemplamos las cosas desde este último punto de vista, entonces el credo equivale a un mapa del universo material (aunque sea sólo una aproximación) y debe coincidir con la descripción de los seres humanos y su destino. La meta de teólogos y filósofos ha sido por siglos lograr una Hipótesis de Mundo, consistente, unitaria, con apropiadas subcategorías para el hombre, la vida, la materia, la energía. Durante los siglos dieciocho y diecinueve, los científicos unían a tales esfuerzos. Antes de la revolución ocurrida en la física, parecía ésta una labor simple, que se convertiría en realidad. Es interesante ver que entre aquellos que durante los primeros años de este siglo profesaban un credo científico hubiera tantos optimistas como pesimistas. Las mismas suposiciones (o aproximadamente las mismas) podían conducir a resultados completamente diferentes. En cuanto a los optimistas tendré algo más que decir en mi próxima conferencia. Daré fin a la presente conferencia, citando las palabras que escribiera Bertrand Russel en su trabajo "El culto de un hombre libre", hace cincuenta años. Hablando de el mundo que nos presenta la ciencia para que creamos en él, decía: "Que el hombre es el producto de causas que no preveían el fin que ellas mismas preparaban; que su origen, su crecimiento, sus esperanzas y temores, sus amores y sus creencias, no son sino producto

de la accidental disposición de los átomos; que no hay fuego, ni heroísmo, ni intensidad de pensamientos y sentimientos que pueda preservar una vida individual más allá de la tumba; que todos los esfuerzos de las épocas, toda la devoción, toda la inspiración, toda la brillantez meridiana del genio humano están destinados a extinguirse en la vasta muerte del sistema solar, y que todo el templo de las creaciones del Hombre quedará inevitablemente enterrado bajo los escombros de un universo en ruinas, todas estas cosas, si bien no están aún fuera de discusión, están tan cerca de la verdad, que ninguna filosofía que las rechace tiene perspectivas de subsistir. Únicamente sobre el andamiaje de estas verdades, sólo con el firme cimiento de una implacable desesperanza, podrá construirse con seguridad en el futuro la morada del alma" [3].

Al utilizar esta cita, creo que sólo cabe decir que dudo que el distinguido filósofo expresara estos puntos de vista hoy con el mismo lenguaje. Pero la dificultad para suponer que la ciencia es un credo o parte de un credo, un mapa del universo, aunque imperfecto, está contenida en esta cita. La moderna cosmología se basa en resultados experimentales inimaginados hace cincuenta años y esta cosmología está sujeta a una interpretación algo diferente a la que hiciera Russel en 1903. Si cualquiera de estas interpretaciones conduce o no al problema del bien o el mal será un punto que consideraré en mi conferencia final.

[3] Publicado por primera vez en *Independent Review*, Diciembre 1903; incluído en *Misticismo y Lógica y otros ensayos* (Longmans, Green and Co., London, New York, 1918); publicado separadamente como *El culto de un hombre libre* (Mosher, Portland, Maine, 1923).

LA CIENCIA Y LOS VALORES ESPIRITUALES

En mi última conferencia he explorado la falsa antítesis entre la ciencia y los juicios de valor. Permítaseme continuar esta exploración examinando el impacto de la ciencia sobre una forma de la conducta relacionada con los juicios morales, compartidos en común por varios y diferentes grupos culturales. Un fenómeno recurrente que se presenta en la historia es el intento de los individuos para mitigar los sufrimientos físicos de sus semejantes. En la tradición Judeo-Cristiana se ha dado alta jerarquía a tales propósitos; han sido tomados como ejemplos de conducta dignos de emulación. Tan es así, que apostaría que de cien personas tomadas al azar aquí en Nueva York, por lo menos noventa afirmarían que ayudar al enfermo y al que sufre es "bueno" y que la indiferencia y la crueldad es "malo". Además, una gran mayoría habría demostrado por sus acciones su adhesión a este juicio de valor. Las razones en que se basa este juicio constituirían una larga serie, pero ya sea que se expresen en dogmáticos términos religiosos, o refiriéndolas sólo a amplias ideas filosóficas, casi todas

estas razones entran en lo que denominaré "el mundo de los valores espirituales". En un modo u otro está implícito o explícito que un acto desinteresado es un acto bueno; que aparte de las consecuencias sociales para el individuo que realiza ese acto, el tender una mano al sufriente es algo que una persona debe hacer.

Cualquiera que sea la base de nuestra creencia en el imperativo "Ayudar al que sufre", este precepto podría ser una guía efectiva para la propia conducta, únicamente si uno tiene el poder de aliviar tal sufrimiento. Es imperioso señalar que el adelanto de las ciencias médicas ha hecho posible la mitigación de muchas formas de la miseria humana, en grado jamás soñado hace pocos siglos. El presente estado de la medicina y de la salud pública es el resultado de los esfuerzos realizados durante los tres últimos siglos por miles de científicos. Pero admitamos que muchos de estos hombres no se veían movidos en lo más mínimo por su preocupación por la humanidad sufriente. Efectivamente algunos se despreocupaban totalmente del hecho de que su trabajo pudiera traer luz a los problemas médicos.

Por otro lado, en los últimos cien años muchos grandes investigadores se inspiraron en el deseo de mejorar el antiguo arte de curar; y no sólo eran médicos sino también químicos y biólogos.

El esfuerzo conciente realizado por muchos investigadores para controlar las enfermedades, prolongar la vida y aliviar el dolor ha producido resultados de las características más dramáticas. Quiero señalar que la conducta de casi todo individuo que participó en este adelanto de la ciencia y en el progreso del arte de curar estaba determinada por un conjunto de juicios de valor. Estos juicios estaban cercanamente enlazados con la exhortación: "Debemos ayudar al que

sufre". La conducta de los médicos, todos lo sabemos, está reglamentada por una serie de principios éticos que por sí mismos están basados en juicios de valor. Lo que quiero recalcar aquí es el grado en que un juicio de valor ha determinado la realización de investigaciones, ya sea por científicos o por aquellos que buscaban medios empíricos de mejorar un arte. Una vez más insisto en que aquellos que dicen que la ciencia y los juicios de valor se hallan en compartimentos diferentes, se han equivocado al examinar la naturaleza de las labores científicas y de los motivos que mueven a muchos científicos.

Considerando cuanto se publica hoy sobre la realización de hazañas técnicas, en la forma de bombas atómicas, gases venenosos, y aún en la posibilidad de la guerra bacteriológica y radiológica, es bueno detenerse un momento y reconocer el ejército de hombres y mujeres aplicados hoy a ayudar al que sufre y que utilizan elementos ofrecidos por la ciencia moderna. Esto es algo diferente a ofrecer comodidades adicionales, elevar el nivel de vida, aumentar el placer, ya sea de la mente o de la carne. Mucho de lo que produce nuestra moderna civilización industrial puede tacharse de materialista —invenciones del Diablo, diría algún ascético Cristiano fundamentalista. Pero reforzar la mano del Buen Samaritano es una cosa completamente diferente. Hay que remarcar esta consecuencia de la ciencia. Si el resumen de una creencia religiosa consiste en el amar al prójimo como a uno mismo, éste sólo puede tener sentido como criterio aplicable, si uno es capaz de ayudar al prójimo cuando él o ella tengan una preocupación.

En cuanto a eliminar el dolor físico, no puede haber dudas sobre la efectividad del adelanto de la ciencia. No podemos decir si dentro de cien años podremos

hacer una afirmación similar, sobre el sufrimiento emocional o mental. La esperanza de que esto sea posible es seguramente uno de los factores que impulsan los esfuerzos de aquellos que estudian el comportamiento de los seres humanos. Una vez más vemos actuar un juicio de valor.

La concepción de que las artes prácticas puedan mejorar por otros métodos, aparte de los empíricos, es relativamente nueva, como he señalado en mi primera conferencia. Como firme convicción ya, de un número de ciudadanos influyentes, esta idea es producto del siglo diecisiete. Que las artes así perfeccionadas incluían el arte de curar, era una proposición implícita en los sueños de la nueva fisiología experimental de ese tiempo; hacer realidad esos sueños tomó más tiempo de lo que se suponía entonces. Por otra parte se pusieron al alcance de la mano, tantos y tales medios para transformar la naturaleza, el transporte y las comunicaciones, como no se podían imaginar siquiera hace trescientos años. Desde el Renacimiento en adelante hubo una corriente de opiniones, siempre en aumento en los países cristianos, que sostenía que algunos de los sufrimientos de la raza humana podían ser evitados por la mano del hombre.

Se describieron utópicas imágenes, en las que no sólo fluían la miel y la leche, sino que se curaban las enfermedades y se quitaba el dolor. Pocos dudaban de que la religión cristiana deseara el alivio de los males físicos, por el contrario, ese deseo está implícito en su propio espíritu. Los que dudaban, volvían al Libro de Job.

El problema del mal como se presenta en el Libro de Job no es el problema de la mala conducta de los humanos, sino que es el problema del porqué los hombres buenos sufren horribles calamidades. El problema se

repite. ¿Quién de nosotros no ha sentido su doloroso impacto cada año? De las respuestas dadas a las lamentaciones de Job, ninguna sugiere que algunos de los males de la carne pudiera ser vencido por la mano del hombre. Para mí, es en esencia la respuesta racional del siglo dieciocho a los lamentos de Job. Fué la respuesta proclamada siempre por los ardientes partidarios del trabajo científico. Hace cuarenta años, fué ampliamente aceptada por los que ahora se denominan cristianos "liberales"; en los últimos veinte años ciertos jefes protestantes y también católicos, han expresado dudas sobre su validez. La tradición liberal, se afirma hoy constantemente, se ha visto forzada "por el torcido curso de los acontecimientos mundiales a ajustar sus amplios principios a la dura realidad de las cosas, tal cual son". De los acontecimientos mundiales se citan como ejemplo por lo general a Hitler, Stalin, y la explosión de la bomba atómica.

Si he leído correctamente el Libro de Job, la lección que deja es uno negación de la suposición que dice que el universo se puede explicar en términos humanos; es un correctivo a la presunción de los seres humanos que quieren aplicar sus patrones de medida al cosmos. El Señor castiga a los tres amigos de Job por su intento de persuadir al sufriente de que debe haber cometido un pecado, argumentando que de otro modo no hubiera sido afligido por su mal. El universo no está construído según el esquema de una máquina automática que distribuye recompensas y castigos —por lo menos no lo está en este mundo de mortales. En cuanto a una vida futura, el Libro de Job refleja el contraste de la posición Judaica con la Cristiana; la respuesta del Nuevo Testamento al problema del mal está absolutamente ausente en el Viejo Testamento. Y en cuanto al exacto significado

de esa respuesta, los Cristianos vienen debatiendo el problema desde hace casi dos mil años.

No discutiré sobre la salvación por buenas obras en oposición a la salvación por la fe. Prefiero, más bien, mantenerme dentro de los términos del Libro de Job. El escritor presenta dos respuestas, me parece, al problema de porqué hombres y mujeres de la más pura condición deben sufrir las más terribles aflicciones. La primera dice esencialmente que el universo es inexplicable. Con casi estoica resignación, Job acepta este hecho y cesa en sus lamentos. Ésta es la respuesta filosófica; la otra es la espiritual; podría expresarse con las propias palabras de Job. Luego que el Señor le hubo contestado desde el torbellino, Job dijo: "De oídas te había oído; mas ahora mis ojos te ven. Por tanto me aborrezco y me arrepiento, en el polvo y la ceniza".

Tomado literalmente este pasaje significa algo bien específico en términos teológicos a los ojos de un ortodoxo judío o de un fundamentalista cristiano. Tomado simbólicamente, tiene profundo significado espiritual para quienes interpretan con criterio amplio la literatura Judeo-Cristiana. Desde este punto de vista lo contemplaré yo. Efectivamente a aquellos que preguntan "¿Qué quiere decir por el término «valores espirituales»?" yo les respondería tomando como referencia este episodio del Libro de Job.

Para explicar más aún lo que pienso, permítaseme darles el ejemplo de una valoración que me parece significativa. Los individuos han gozado de un enriquecimiento espiritual como consecuencia de sus sufrimientos, diría, si es que se han vuelto menos rebeldes en su actitud hacia el universo, menos temerosos del futuro, más afectuosos con los demás; por otro lado aquellos que se han tornado más combativos,

más aprensivos, más hostiles, han sufrido un perjuicio espiritual. Tales cambios se aprecian sólo socialmente por las formulaciones verbales del individuo en cuestión; el estado del espíritu de una persona se indica mucho más por sus acciones que por la declaración formal de una filosofía de la vida. Los juicios del tipo que he mencionado me parece que tienen sentido y se relacionan con un valor que bien podemos llamar espiritual.

La doble respuesta del Libro de Job se halla en completa contradicción con el beligerante optimismo de un típico materialista del siglo diecinueve. Para tal persona había sólo una explicación para las aflicciones de Job: la ignorancia. Las enfermedades podrían vencerse si los científicos continuaran en su trabajo y la gente fuera capaz de seguir sus consejos; esta opinión la mantenían muchas personas inteligentes ya hacia el 1800. Y como profecía, pocas afirmaciones hechas por personas optimistas han estado nunca tan en lo cierto. Es necesario recalcar esto en nuestros días en que se escucha tan prontamente en todas partes a los profetas del pesimismo. Hemos triunfado ampliamente en nuestro esfuerzo para equilibrar los platillos de la aparente injusticia de este valle de lágrimas, por lo menos en cuanto a las enfermedades de la carne; y fué precisamente este tipo de aflicción —Satanás tocando "su hueso y su carne"— lo que movió a Job a poner en duda la justicia de Dios.

Pero una cosa es hacer grandes adelantos en curar o prevenir las enfermedades y otra cosa es decir que *todas* las aflicciones del hombre pueden superarse con la inteligencia humana. Esto se convirtió casi en el credo de quienes, durante todo el siglo diecinueve y aún en este, proclamaban la futura salvación del hombre en la tierra por las buenas obras denominadas

ciencia. Esta concepción del mundo ha sido incorporada —casi podría decir encajonada— en los fundamentos de doctrinas denominadas materialismo dialéctico. Una versión de estas doctrinas es la filosofía oficial del Kremlin y de todos aquellos que obedecen sus órdenes y a modo de esclavos siguen sus caprichos. Otra versión es, creo, la filosofía aceptada por los comunistas de Yugoeslavia; en forma menos beligerante y doctrinaria la versión rusa es aceptada por algunos Marxistas no-comunistas de los países de habla inglesa. Pero en todas sus formas, abrevan en el espíritu de mediados del siglo diecinueve que llevaba adelante el optimismo racionalista del siglo dieciocho.

Para los doctrinarios materialistas dialécticos, el Libro de Job es peor que un disparate; es un opio para el pueblo. Su respuesta al problema del mal, a las calamidades de toda naturaleza es en esencia la siguiente: Por medio de la ciencia, pueden vencerse todos los males. Por "ciencia" se entiende una ciencia basada en la doctrina del materialismo dialéctico, leyes que no sólo gobiernan a la naturaleza inanimada sino también al desarrollo de la sociedad. De estas leyes se da generalmente preminencia en las exposiciones populares al reconocimiento de la tríada: tesis, antítesis y síntesis, ilustrada por la ecuación calor más hielo igual agua.

No me propongo discutir las terribles consecuencias políticas de la aceptación de la interpretación soviética del materialismo dialéctico. Filosóficamente toda la doctrina me parece un enorme absurdo. Presenta en la más dogmática y extravagante manera el optimismo de aquellos científicos que siempre intentan trasladar sus descubrimientos a los hechos prácticos. Es éste un credo apropiado en modo burdo al científico convertido en inventor, pues glorifica su papel; más

que eso, niega completamente que el científico haya sido nunca otra cosa que un inventor, o que alguna vez pueda ser otra cosa. Efectivamente, este punto de vista ha sido ampliamente publicado por algunos no-marxistas quienes para mí se han tragado inadvertidamente parte de la carnada comunista.

Intencionalmente he presentado a ustedes una falsa dicotomía: el Libro de Job, tomado literalmente o el materialismo dialéctico. Ya he sugerido, creo, mi propia predilección; no repudiaré el optimismo del siglo diecinueve sobre el continuo adelanto de todas las artes prácticas, con la ayuda de la ciencia (incluyendo el arte de las relaciones humanas). Tampoco daré mi adhesión a ningún argumento "en principio" sobre lo que puede lograr la ciencia. Afirmaría que durante el próximo siglo, y bajo las mejores condiciones, las áreas de incertidumbre y empirismo [1] serán todavía enormes. Como el Libro de Job, me subscribiría a la idea de que el universo es esencialmente inexplicable e interpretaría la visión de Job simbólicamente, utilizando esto como una ruta hacia todo el área de encuesta que puede designarse como el universo de los valores espirituales.

Antes de seguir adelante con la exposición de mis propias ideas sobre la relación del mundo de los valores espirituales con los universos de interrogantes en que, como hombres prácticos y científicos operan diariamente los seres humanos, permítanme recordar que muchos científicos interpretan la física moderna con criterios diferentes. Para ellos, no sólo el universo tiene una estructura de la cual la moderna física teórica ofrece por lo menos un cuadro aproximado (aun-

1 El lector con preocupaciones filosóficas recordará que utilizo "empirismo" según la definición de la página 26. Ver también página 30.

que muy difícil de explicar, deben admitirla) sino que también tiene significación la historia de ese universo. Aquí se produce un cisma entre aquellos que toman en serio la analogía del fabricante de un mapa expuesta en mis conferencias anteriores. Algunos se adherirán a una filosofía naturalista evolutiva, no muy distinta a la de ciertos materialistas del siglo diecinueve. Otros verán en la nueva física y por sobre todo en la más reciente cosmología, evidencias para cierta forma de teísmo completamente compatible con la tradición Judeo-Cristiana.

Citaré a dos autores recientes para ilustrar este último punto de vista. Sir Edmund Whittaker en su libro *Espacio y Espíritu* escrito en 1946 expresa la opinión de que "la proeza de la física matemática es precisamente ésta, haber construído un esquema del universo digno de confianza (es decir, las predicciones basadas en él siempre pueden verificarse por la experiencia) y que puede trasladarse en forma retrospectiva... a una época anterior a la aparición de toda criatura sensible". Luego de afirmar que "la línea de origen de los físicos modernos no hay que trazarla desde los humanistas del Renacimiento sino desde los escolásticos de los siglos doce y trece" concluye su revisión de las teorías del universo y de los argumentos sobre la existencia de Dios, del siguiente modo:

"No puede negarse, sin embargo, que la teología natural sea en conjunto una materia directa para el investigador entrenado en los métodos de la ciencia moderna. El objetivo del presente trabajo ha sido indicar —para consideración de los teólogos que no son hombres de ciencia— cuáles son los obstáculos y mostrar —para consideración de los investigadores científicos— que son menos formidables de lo que se supuso alguna vez, y además de que una más profunda

comprensión de la naturaleza del universo material... ha abierto nuevas perspectivas y posibilidades de abogar por la creencia en Dios" [2].

Pascual Jordan en su *Física del Siglo Veinte* publicada en 1944, ofrece una clara exposición de esas nuevas ideas a las cuales me referí someramente en mi segunda conferencia. Él no trata de escapar a las dificultades inherentes a la alteración del panorama; por ejemplo escribe: "Desde un punto de vista realmente moderno la vieja idea sobre el átomo debe contemplarse tanto desvirtuada como confirmada, puesto que el concepto corpuscular considera sólo un aspecto del cuadro, faltándole el otro aspecto complementario. Si la teoría cuántica despoja al átomo de sus claras y tangibles cualidades y le deja sólo un esquema de fórmulas matemáticas para su caracterización, nuestra actitud basada en la teoría del conocimiento se confirma otra vez —la investigación física no tiene por objeto revelar una "existencia real" de las cosas desde "detrás" del mundo aparente, sino más bien desarrollar sistemas de pensamientos para controlar ese mundo aparente". Pese a ésta y a similares expresiones que parecen colocar a Jordan del lado de los que entienden las teorías científicas como guías de acción más que como credos, su descripción de las modernas ideas cosmológicas es tan definida como sería la descripción de una isla perfectamente explorada hecha por un geógrafo, pues dice: "Bien podría esperarse que el gran sol fuera un habitante del universo mucho más viejo que la pequeña tierra desprendida de él; pero como vemos no es así. (Se está refiriendo a los datos sobre la edad de la tierra obtenidos por la radioactividad).

[2] *Space and Spirit* (Chicago: Henry Regnery Co., Copyright 1948); páginas 128-29. Reproducido con autorización de los editores.

No menos notables son los resultados de la determinación de la edad de los meteoros que igualmente se ha hecho posible gracias a las investigaciones en la radioactividad... Si resumimos nuestros conocimientos al presente, debemos decir que no hemos encontrado ningún cuerpo cuya edad sea mayor de diez billones de años... Volvamos hacia el pasado; el diámetro del mundo, en crecimiento con la velocidad de la luz, fué antiguamente menor de lo que es hoy; si mentalmente seguimos el desarrollo del universo cada vez más hacia el pasado, llegamos a un punto en el cual todo tiene un fin, o mejor, todo está en su comienzo... hace diez billones de años... el inicialmente pequeño universo comenzó de una original explosión". Y concluye su libro como sigue:

"Es notable que la moderna investigación de la naturaleza, dé origen a conocimientos e ideas que mueven nuestros sentimientos en direcciones tan distintas a aquellas que conducía la investigación natural desde los tiempos de Lamettrie hasta los de Haeckel. Indudablemente, está justificado que el autor de un libro moderno sobre las teorías matemáticas de la relatividad y la cosmología diga, en la conclusión, que nuestras investigaciones científicas sobre el futuro y el pasado del universo no necesitan tener la influencia de los deseos y esperanzas humanas o de las teorías teológicas sobre la creación. Es también característico que el estado de desarrollo de nuestra ciencia haga necesaria, de pronto, la repetición de tales advertencias.

"Pero cuando reconocemos estas advertencias, cuando no permitimos ningún otro móvil en nuestras investigaciones que el inexorable esfuerzo por conocer la verdad, ¿quién nos puede prohibir que soñemos luego con los resultados obtenidos?

"Y ciertamente este cuadro del universo, como fuegos de artificio que explotaron hace diez billones de años, nos invita a considerar la notable reflexión de Miguel de Unamuno quien se pregunta si todo el mundo —y nosotros dentro de él— no será sólo un sueño de Dios; si las plegarias y ritos quizá no sean nada más que intentos para adormecerlo más, para que Él no despierte y finalice nuestro soñar". [3]

Me he referido a estos dos escritores con el objeto de hacer justicia a una significativa tendencia existente en las recientes interpretaciones de las relaciones entre la ciencia moderna y las dificultades del hombre moderno. El tiempo no me permite rever el enfoque neotomista del mismo asunto; ni considerar hasta qué punto la fe en la habilidad de la ciencia moderna para dar descripciones claras de la estructura y historia del universo, entra en contradicción con la fe en las evidencias presentadas en el Nuevo Testamento, las que, si se toman literalmente, requieren creer en la validez de las leyes de la conservación de la materia y la energía. No he visto ningún intento de parte de los fundamentalistas, quienes deberían alegrarse ante las nuevas teorías cosmológicas como evidencias de una creación y un creador, de estudiar el problema de la tumba vacía por medio de algún esquema conceptual científico.

Mis propias inclinaciones tienen un dirección completamente distinta. Las teorías científicas son guías para la acción de los científicos, que gradualmente entran a formar parte de las ideas que sobre el universo material nos dicta nuestro sentido común. Influyen muy poco o no influyen sobre el antiquísimo

[3] PASCUAL JORDAN, *Physics of the Twentieth Century* (New York Philosophical Library, Inc, 1944). Reproducido con autorización de los editores.

problema del bien y el mal. Yo le daría importancia a la visión de Job, pero con significado simbólico. Las preguntas sobre la naturaleza de este significado serían preguntas sobre lo que he llamado los valores espirituales.

Los materialistas dialécticos y también algunos agnósticos preguntarán si el universo de preguntas que he postulado es algo más que un nombre para una mitología. Ellos referirán toda conducta ética al bienestar de la sociedad o a la adaptación del individuo a las relaciones humanas. Cierto tipo de materialista Hipótesis del Mundo ofrecería un principio unificador; no habría lugar para ninguna interpretación teística. Es casi seguro que estos individuos opinarán que los adelantos en las ciencias sociales y biológicas pueden eventualmente dar como resultado la substitución final de los juicios de valor basados en la ciencia por aquellos hoy aceptados como parte de nuestra tradición Judeo-Cristiana; que será posible algún día que la psiquiatría, la psicología social, la biología y la antropología ocupen toda esta área de interrogantes. Pero, difícilmente, rebatirán la afirmación de que vasto número de juicios de valor contienen hoy elementos que no tienen conexión con la ciencia. La pregunta entonces parece resolverse así: ¿Pueden esos juicios de valor que actualmente no implican conceptos científicos ser reemplazados en principio por esos otros originados en la investigación científica?

Me he referido más de una vez en estas conferencias a este argumento "en principio" y he expresado mis sospechas sobre él. Para mí, su uso indica el intento de alguien que está construyendo una nueva teoría, de sobreestimarse. Dudo que el empleo de este tipo de argumentos haya hecho avanzar las ciencias físicas, aunque a menudo satisfizo al ego de algunos cientí-

ficos. Dudo también de su aplicabilidad al amplio tópico que intento explorar; no se gana nada con afirmar que en principio todas nuestras ideas del sentido común sobre el universo y la conducta humana, todos nuestros principios éticos, y nuestras convicciones morales puedan reemplazarse por "conceptos nacidos de la experimentación y la observación". Aún en el restringido campo de las ciencias físicas existen vastos tópicos en los que el empirismo sólo es la guía para la conducta de los científicos como científicos. Uno puede argumentar que para bien de su moral un investigador científico debe creer que en principio todos estos tópicos pueden eliminarse. Posiblemente esto sea verdad, pero lo dudo. Lo que un ardiente científico debe creer es que la disminución del margen de empirismo puede continuar indefinidamente, no infinitamente; como investigador cauto, debe estar prevenido para no caer en innecesarias y tontas extrapolaciones.

En cuanto a la unificada, materialista Hipótesis del Mundo, mis dudas nacen de su manifiesta inadecuación. Como esquema conceptual que intenta explicar todo, en todo el universo, me parece insatisfactoria porque es incompleta. No satisface al lado altruísta e idealista de la naturaleza humana. Falla al acomodar lo que yo entiendo como hechos altamente significativos, no científicos, sino hechos de la historia humana. Estos hechos son, la forma desinteresada en que a menudo actúan los seres humanos ya sea con compasión, amor, amistad, auto-sacrificio o con el deseo de mitigar el sufrimiento humano. En pocas palabras, es el problema del "bien", no del "mal" el que requiere alguna otra explicación de la personalidad humana, en vez de la ofrecida por la común moral naturalista. Por otra parte, los planteos que

intentan incluir a los valores espirituales, a la física moderna, a la biología y a la cosmología en un solo y consistente esquema pretenden, me parece, ir demasiado lejos. Ya sea que el principio unificador sea un dualismo de materia y espíritu, mecanicismo, formismo o alguna forma de idealismo, todo el esquema me parece encaminado hacia una dirección equivocada. Mis preferencias se inclinan hacia una mayor exploración adecuada de limitadas y especiales áreas de experiencia; una de éstas incluiría aquellas experiencias que pueden ordenarse en los términos de un sistema de valores espirituales.

Me aventuro a designar a cada una de estas restringidas áreas de exploración como un universo de interrogantes.

Lo hago así sólo para recalcar mi objeción a aquellos que insisten en usar el argumento "en principio" para relacionar un grupo de interrogantes a los utilizados en otro caso distinto. Tal insistencia es, por cierto, casi imprescindible para aquellos que toman a una teoría científica como un credo o un mapa o por lo menos como una porción del universo. Pero los que interpretan los conceptos y esquemas conceptuales como guías para la acción, no tienen necesidad de que coincidan "en principio" los interrogantes pertenecientes a áreas distintas. Si dos esquemas pertenecientes a dos áreas distintas (o universos de interrogantes, para usar mi frase) pueden realmente contraponerse como guías para la acción, entonces se hace posible la realización de una comprobación ya sea experimental o por la observación, de la validez de cada una. El conflicto genera, por así decir, una serie de limitadas hipótesis de trabajo, una cadena de razonamientos que finalmente se traduce en una hipótesis tan restringida, que puede resolverse de plano la cues-

tión con una respuesta afirmativa o negativa. Pero si falla el intento de poner en conflicto los dos esquemas, como en el caso de las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz, entonces uno puede decir que las dos teorías son tan dispares que constituyen dos incompatibles universos de interrogantes.

No me atrevería a decir cuántos universos de interrogantes pueden reconocerse cómodamente hoy. Con fines prácticos dos o más de ellos pueden enfocarse y tratarse como uno solo utilizando postulados adecuados y series de leyes. En cierto sentido, puede construirse una teoría unitaria para manejar mejor las disparidades de dos universos de interrogantes. Esto es lo que ha ocurrido en la física moderna, según se traduce de la reciente historia de la ciencia. Cuando pueden formularse cuantitativamente esas hipótesis estrictamente limitadas de cada campo, puede formularse entonces, utilizando el razonamiento matemático, la teoría unitaria, de modo que resulte una útil guía de acción —tan útil en efecto— que si no se investigan cuidadosamente sus orígenes uno puede engañarse fácilmente y creer que representa un mapa fiel de una sección del universo.

Dentro del campo general de las ciencias naturales, sugiero que aquellas encuestas que implican la uniformidad de la naturaleza a través de largos espacios de tiempo, constituyen un especial universo de interrogantes (o quizá un grupo de tales universos). Por ejemplo, hasta qué punto los conceptos utilizados en paleontología, deban concordar enteramente en principio con los utilizados en bioquímica, es para mí una pregunta sin respuesta. Tales preguntas se presentan, por ejemplo, cuando los cosmólogos, biólogos, y químicos discuten el origen de la vida. Muchas de las así llamadas teorías del origen de la vida no son

teorías científicas en absoluto, en el sentido de que no son guías para la acción. Son meramente ideas especulativas que ninguno sabe cómo relacionar con experimentos y observaciones nuevas. Sobre este punto, de paso, diré que el público en general suele hacer confusiones. La gente no logra distinguir una nueva teoría sobre el origen de la vida (o el origen del granito o del petróleo) que es sólo otra idea especulativa, de una teoría a partir de la cual nacen nuevas consecuencias que pueden ponerse a prueba. No debemos menospreciar la especulación realizada en el campo de la cosmología, pero la amplia publicidad que tiene cada nuevo vuelo de la imaginación, tiende a confundir al público general y a fomentar la credulidad.

El punto de vista que he expuesto, considera las teorías científicas como esquemas restringidos, y no como partes de un credo cósmico unificado. Bien sé que podrá ser atacado, defendiendo la idea del hombre como ser racional. Podrán tacharme de derrotista, oscurantista [4] o simplemente de ser un haragán que trata de escapar a las dificultades. Los partidarios de un credo religioso que exponga en detalle el origen, la naturaleza y el destino del hombre, repudiarán casi seguramente cualquier visión del universo que sea tan provisional y fragmentaria como la que yo

[4] Dudo que los creyentes en la astrología, interpretación fantástica de la astronomía, o de la moderna necromancia se sientan cómodos en estas conferencias. Una concepción básicamente escéptica, aunque niegue la capacidad de la ciencia para construir un mapa de la estructura del universo, difícilmente dará pie a la superstición. La extensión de las ideas del sentido común, por medio de conceptos científicos hechos parte de nosotros, ofrece el panorama del mundo moderno. El peso de las pruebas agobia hoy al que declare haber encontrado algún nuevo efecto que contradiga a la experiencia práctica ya acumulada.

propongo. Los ateos materialistas, lo que es interesante, reaccionan en el mismo modo. En efecto, como testigos de mi defensa yo llamaría a expositores representantes de varios sistemas unitarios, incluyendo aquellos sistemas expresados en términos teológicos y a través del intercambio de preguntas, demostraría la diversidad de sus argumentos. No habría acuerdo entre ellos, eso es seguro. Otro testigo podría ser, naturalmente, un físico moderno enfrentado con el fantasma de su abuelo en la profesión. No necesito extenderme sobre las consecuencias de tales confrontaciones, pues ya he señalado que, como ocurre con las partículas o las ondas, el presente panorama sería interpretado por los físicos del siglo diecinueve como la yuxtaposición de dos teorías tan dispares que serían incompatibles en principio.

Una visión del Universo que niegue la necesidad de una Hipótesis del Mundo, coherente, en principio, desde el comienzo al fin, no es derrotista, en lo que respecta al avance de la ciencia. Pues si uno toma las teorías científicas como guías para la investigación, cada teoría abre siempre la posibilidad de ser probada por los experimentos y la observación. Tal punto de vista hace sospechar de toda suposición transportada de un área de investigación a otra. Representa un enfoque escéptico de todo argumento divorciado de la real observación o experimentación. Carga con el peso de las pruebas a aquellos que insisten en que *todos* los conceptos pertenecientes a un grupo, se encuentran, tanto en la práctica como en principio, en el mismo universo de interrogantes. No hay nada en tal concepción que impida relacionar íntimamente diferentes teorías científicas. Por el contrario, dado que la compatibilidad de dos teorías sólo puede determinarse por las consecuencias que se produzcan al contrapo-

nerlos, y que nunca pueden presuponerse, se da mayor importancia a la observación y a la experimentación en vez de darla al pensamiento especulativo o al razonamiento abstracto.

"El hombre de acción debe creer; el que inquiere debe dudar; el investigador científico es ambas cosas". Esta declaración de Charles S. Pierce puede servir para dirigir nuestra atención hacia el doble propósito que deben llenar muchas de nuestras ideas generales. Por lo menos algunos de los conceptos y esquemas conceptuales con que trabajamos nostros como investigadores científicos deben tener un carácter provisional. Son hipótesis de trabajo de gran envergadura, para usar la terminología de conferencias anteriores. Por otra parte, aún en la investigación científica, algunas de las ideas que se originaron en los primeros períodos de la ciencia deben considerarse con carácter más duradero. Deben serlo, si se desea progresar. Si un científico tratara cada vez que entra a su laboratorio, de volver a recorrer los pasos del desarrollo de las teorías científicas que da por sabidas, se volvería loco.

Cuando el científico sale de su laboratorio y participa de otras actividades distintas a la investigación, como hombre de acción, debe creer. El filósofo, cuya profesión es dudar, se ve ante el mismo imperativo. Todos nosotros como individuos cuerdos aceptamos sin asomo de duda una masa de conceptos cuyo origen es oscuro, pues son parte de nosotros desde tiempos que ya no podemos recordar. Como niños, al menos, nunca dudamos de la realidad del mundo tridimensional o de la existencia de las otras personas. En otras palabras, nuestro grado de apego a cierto conjunto de ideas es tan grande que constituyen una creencia. La realidad de las demás personas, del mun-

do material con pasado y futuro, y de la parcial uniformidad de la naturaleza son así elementos incluídos en la fe del sentido común. Nuestra seguridad en la validez de esa fe es tan grande, que no creo que nadie pueda ponerla en duda así como puede dudarse de la existencia del neutrino o de la teoría microbiana de las enfermedades. Mantener la teoría del solipsismo no es posible, en el sentido en que es posible que un recién iniciado considera los pros y contras de la teoría calórica del calor.

Los científicos tienen diferente grado de apego a algunas teorías científicas de la misma manera que todos nosotros tenemos apego por los conceptos de un mundo real, con rocas y árboles y gente. Evidentemente no hay una línea divisoria. La fe en la validez de los principios de la física o la química durante billones de años y en la realidad de una historia cósmica es esencial para un astrónomo, un geólogo o un paleontólogo. Es completamente innecesaria y a menudo le falta a un microbiólogo o a un físico nuclear, eligiendo sólo dos ejemplos de científicos que estudian sucesos inmediatos. La creencia de un químico orgánico en la realidad de la disposición tridimensional de los átomos en la molécula, es casi tan grande como su creencia en la existencia de las demás personas. Pero hay que notar, que sus predecesores del siglo diecinueve mantenían el mismo punto de vista, pero en forma absolutamente provisoria. Y para que ninguno tenga la tentación de generalizar a partir de estos casos y diga que la historia de la ciencia se ha hecho yendo de la creencia provisional a la fe, les recordaré algunas teorías descartadas como la del flogisto, la del flúido calórico, la del éter liminífero, y la idea de que el electrón podía localizarse exactamente en la molécula.

Como hombre de acción, cada uno de nosotros no debe sólo enfrentarse ante un mundo inanimado, lleno de toda clase de plantas y animales (incluyendo las bacterias patógenas) sino que también debemos acomodarnos a la presencia de los demás. No sólo debemos tener conceptos del sentido común sobre un mundo real, sino también algunos principios generales sobre aquellas entidades que admitimos son las demás personas. Debemos luchar como podemos con lo que William James llamó "toda la paradójica psico-moral-espiritual Gordura". Sólo como investigador, filosófico o científico, puede un hombre "separar algún magro fragmento" de esta Gordura.

Para muchos pueblos del mundo occidental los conceptos particularmente relevantes del transcurrir humano son las doctrinas religiosas. Para algunos éstas son creencias provisorias; para otros ideas que gozan de un alto grado de apego. Esto es particularmente cierto para aquellos que han crecido educados en una forma ortodoxa del Cristianismo o han pasado una conversión del tipo descripto por Williams James en su *Variedad de experiencias religiosas*. El paralelo entre la creencia nacida del sentido común, que dice que las demás personas existen y la creencia de un geólogo en un pasado geológico, difícilmente puede negarse. Por lo tanto, no me siento inclinado a discutir con los que dicen que la fe en la realidad del Dios de Calvino, o en la de los Católicos o en la de Jehová de los Judíos Ortodoxos sea la misma fe que tenemos en el mundo real exterior. Pero en cambio discutiré la exactitud de considerar que una creencia en Dios que no trae consecuencias al creyente es comparable a la creencia en la realidad de las otras personas, la cual trae claramente consecuencias para cada

uno, excepto quizá para el único habitante de una isla desierta.

Aquellos que tienen un intenso apego a las creencias ortodoxas, dentro de una religión dada, bien puede decirse que tienen la convicción de que su teología no sólo es cierta sino que es real. Otros pondrán diferente grado de fe en las distintas partes de la doctrina total. Pero en general, todos aquellos que se adhieren, aún vagamente, a un credo religioso formal, desearían sustituir la palabra "religioso" por "espiritual" cada vez que haya sido usada en esta conferencia. Probablemente no admitan que existe algún particular universo de interrogantes que comprenda a los valores religiosos, pues su teología implica una unitaria Hipótesis del Mundo; pero seguramente no tendrán ninguna duda en cuanto a la realidad de lo que he llamado el mundo de los valores espirituales.

Mis observaciones finales no estarán dirigidas a aquellos cuya teología es tan cierta como para compararla con una creencia en la realidad del mundo exterior. Ni tampoco estarán dirigidas a aquellos cuyos esquemas del universo no dejan lugar a los valores espirituales. Ni tampoco a los Cristianos que interpretan la Biblia en forma más literal que simbólica, ni tampoco el materialista encontrará algún sentido en las palabras que siguen. Pero a todos los demás, quiero sugerirles que ante tantos fenómenos diferentes, necesitamos, como hombres de acción, por lo menos tener creencias provisionales. Estos fenómenos están abiertos a la investigación científica, pero hasta tanto no se disminuya mucho el margen de empirismo, debemos manejarnos con reglas de conducta *no* basadas en la ciencia. Siendo así, dudo que podamos escapar a la tentación de reunir todas estas reglas en un esquema conceptual. Las evidencias para

construir tal esquema no están afectadas ni en un sentido ni en otro por los descubrimientos científicos, ya sean físicos o sociológicos. La evidencia está basada en la experiencia personal y su prolongación por medio de la historia. Se encuentra en la categoría de las simples suposiciones que sobre un mundo de objetos y personas, nacen del sentido común. En el fondo de las ideas de la mayoría de la gente, parece haber una Hipótesis del Mundo, y por lo menos a una parte de esta hipótesis tienen gran apego. Así como dudo de que podamos vivir en un estado de solipsismo, también dudo de la capacidad de la mayoría de los hombres para sustraerse a los elementos que formen un esquema conceptual que controle la conducta humana, a principios morales o a reglas éticas y a juicios de valor. Las afirmaciones que haga un individuo manteniendo una posición contraria tienen poco valor como elementos opuestos a mi generalización. Todos sabemos que los hechos hablan más claro que las palabras, y que la psiquiatría moderna ha llamado la atención sobre el número de personas mentalmente enfermas que parecen tener dificultades en tomar decisiones, a causa de un conflicto entre los principios que guían sus acciones.

Entre las ideas nacidas del sentido común a las que no podemos escapar, aunque quisiéramos, está nuestra creencia en la realidad de nuestros semejantes. Esta convicción es punto de partida de un grupo de ideas que influyen en la formulación de juicios de valor de tipo moral. Estamos convencidos de que excepto mínimas diferencias nuestros semejantes son esencialmente como nosotros mismos; parecen duplicados idénticos en cuanto a las acciones materiales, los pensamientos y los sentimientos. Tanto literalmente como en modo figurado, pisamos los pies de los demás;

herimos sus sentimientos. Esto, lo sabemos, es porque tenemos pies a los cuales podemos pisar y sentimientos a los que podemos herir. El apego a esta convicción en la estrecha relación entre uno mismo y los demás, es grande para la mayoría de la gente y, en origen, es similar al apego que sienten por otras creencias originadas del sentido común. Podrá ser modificada por adulteraciones, debilitada por algunos argumentos o fortificada por la experiencia. Una prueba para conocer el grado de apego a esas ideas la sugiere el comportamiento de aquel guía indio que mencioné en mi conferencia anterior. Vomitó al ver que alguien hacía una cosa que, de hacerla él mismo, lo hubiera hecho vomitar. El fenómeno de la náusea, al ver el sufrimiento humano no es nada raro. Tal conducta somática es un testimonio real para demostrar el fuerte apego de un individuo a un punto de vista. El dolor y el sufrimiento de otro, se convierte hasta cierto punto en nuestro propio dolor y sufrimiento. Y exceptuando los enfermos mentales, evitar el dolor y sufrimiento físico personal es un postulado tan básico como la aceptación de la existencia del mundo tridimensional.

¿Cuáles son pues los mínimos supuestos que necesita mantener un hombre moderno para construir su filosofía de la vida si no es ni un religioso dogmático ni un ateo materialista? ¿Cuál es el menor número de postulados que se requieren para relacionar sistemáticamente las profundamente arraigadas suposiciones sobre la conducta humana? Estas son preguntas que podrán responderse exclusivamente según la total experiencia de cada individuo. Y siendo así, cada uno tendrá un apego mayor o menor a las ideas que han formado parte de la tradición Judeo-Cristiana por generaciones. La construcción racional que cada uno

haga de ese esquema conceptual que explique al ser humano, tratará de acomodarse a las suposiciones sobre las cuales cada uno actúa en realidad. De éstas, la suposición de esa íntima relación con los demás, la casi física identificación con ellos es tan básica, que será elemento esencial de cualquier esquema lógico. A ese individuo, le será tan difícil actuar como si la crueldad fuera buena en sí misma, como aceptar que el canibalismo sea una cosa buena. Si esto es así, entonces el número de consecuencias que siguen, nos hacen volver hacia lo que tantas veces he denominado el reino de los valores espirituales. El tiempo me permite mencionar nada más que dos de ellos.

Parece esencial postular un profundo abismo entre el comportamiento de los animales y la conducta de los hombres, si queremos dar sentido a las ideas que expresa cualquier sistema de valoración espiritual. Otra suposición, muy cercana a la anterior, es que debe existir como mínimo la posibilidad de que nuestras intenciones y nuestras acciones expresadas tengan relación con gran número de acontecimientos. Éstos serían los elementos mínimos ofrecidos a un hombre moderno, educado en la tradición Judeo-Cristiana que busque desarrollar una filosofía de la vida sin "saltar el cerco" y caer en el campo del materialismo.

Me refiero aquí a los mínimos cometidos que nos vemos llevados a aceptar como hombres prácticos, no como científicos. Sugiero que están arraigados en la totalidad de la personalidad de un hombre, tanto como lo está su creencia en el mundo real, y que el contenido de sus ideas sobre lo que debe o no debe hacer no es diferente al de sus ideas sobre lo que debe o no debe comer.

Esta búsqueda es, por definición, una labor estrictamente individual, y los resultados no son tan unifor-

mes en este caso como los que se obtienen buscando premisas en un mundo del sentido común con objetos y otros seres humanos. Los resultados se parecen más a las variadas creencias sobre la alimentación a las que ya me he referido en estas conferencias. Sin embargo, para las personas que poseen un bagaje cultural semejante, pienso que los motivos de los postulados básicos, son más uniformes de lo que puede revelar un análisis verbal. De todos modos me parece útil intentar formular las suposiciones mínimas según las líneas que he sugerido. Que representan cometidos demasiado pequeños para satisfacer a la mayoría de los cristianos creyentes, lo admito sinceramente. Las suposiciones necesarias para que tengan sentido las palabras "un universo de valores espirituales" deben entenderse como denominador común de todas las distintas clases de fe religiosa.

En esta búsqueda de los mínimos postulados, la ciencia moderna no puede ofrecer ningún apoyo. Pero sin embargo, los beneficios que da la investigación científica no son en ningún modo únicamente materiales. Completamente aparte de lo hecho por fortalecer la mano del Buen Samaritano, la ciencia crea un ambiente que alienta a los que creen que el hombre no es sólo un animal sociable. La historia de los últimos trescientos años es una lista de los éxitos que ofrece la manipulación de las ideas; es la historia del florecer de los poderes creadores de la mente humana. En el presente período de reacción, y bajo la sombra de las bombas de fusión y de fisión hacemos bien señalando este aspecto de los tiempos modernos. No es proeza pequeña el haber construído un enorme edificio de nuevos conceptos y de esquemas conceptuales, a partir de la experimentación y la observación que da, además, como resultado, gran cantidad de nue-

vos experimentos nunca soñados. Como el Partenón y las catedrales de la Edad Media, las teorías científicas de los siglos diecinueve y veinte son testigos de lo que puede realizar el espíritu humano. Con humildad reconocemos la existencia de vastos océanos de nuestra ignorancia en los que el empirismo es nuestro único guía; pero, no podemos poner límites a la futura expansión del "imperio de la mente". La continua reducción del margen de empirismo en nuestras empresas es tanto posible como profundamente significativa. Éste es, en pocas palabras, el mensaje que la ciencia moderna trae al hombre moderno.

ÍNDICE

ESTE LIBRO SE TERMINÓ
DE IMPRIMIR EL DÍA
20 DE AGOSTO DEL AÑO
MIL NOVECIENTOS CIN-
CUENTA Y SEIS, EN LA
IMPRENTA LÓPEZ,
PERÚ 666, BUENOS AIRES,
REPÚBLICA ARGENTINA